



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**SUBSTITUIÇÃO DA FARINHA DE PEIXES PELO CONCENTRADO
PROTEICO DE SOJA PARA ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO**

**Manuel Rosa da Silva Neto
Biólogo**

**AREIA – PB
2017**

MANUEL ROSA DA SILVA NETO

**SUBSTITUIÇÃO DA FARINHA DE PEIXES PELO CONCENTRADO
PROTEICO DE SOJA PARA ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal da Paraíba, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. Leonardo Augusto Fonseca Pascoal – Orientador Principal
Prof. Dr. Daniel de Magalhães Araujo
Prof. Dr. José Humberto Vilar da Silva

**AREIA – PB
2017**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

5586s Silva Neto, Manuel Rosa da.
Substituição da farinha de peixes pelo concentrado
proteico de soja para alevinos de tilápia do nilo /
Manuel Rosa da Silva Neto. - Areia, 2017.
50 f. : il.

Orientação: Leonardo Augusto Fonseca Pascoal.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Zootecnia. 2. Nutrição de peixes. 3. Metabolismo
proteico - Peixes. 4. Farinha de peixes. I. Pascoal,
Leonardo Augusto Fonseca. II. Título.

UFPB/BC



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

TÍTULO: “Substituição da Farinha de Peixes pelo Concentrado Proteico de Soja Alevinos de Tilápia do Nilo”

AUTOR: Manuel Rosa da Silva Neto

ORIENTADOR: Prof. Dr. Leonardo Augusto Fonseca Pascoal

JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Leonardo Augusto Fonseca Pascoal
Presidente
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. José Jordão Filho
Examinador
Universidade Federal da Paraíba

Profª. Dra. Edma Carvalho de Miranda
Examinador
Universidade Federal de Alagoas

Areia, 25 de agosto de 2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
GABINETE DA VICE-REITORIA
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA)



CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado “Substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja para alevinos de tilápias do Nilo” protocolo nº 133/2017 sob a responsabilidade do pesquisador Dr. Leonardo Augusto Fonseca Pascoal – que envolve a produção, manutenção e/ou a utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) – encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal da Paraíba (CEUA-UFPB) em reunião de 14/12/2017.

Vigência do Projeto	2018
Espécie/linhagem	Tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)
Número de animais	240 animais
Idade/peso	30 dias/ 0,5 g
Sexo	Machos
Origem	Setor de Aquicultura do CCHSA Campus III – UFPB

Profa. Dra. Islania Giselia Albuquerque Gonçalves
Coordenadora da CEUA-UFPB

AGRADECIMENTOS

Ao grande Arquiteto do Universo que é Deus, pela minha vida;

Ao meu orientador, Leonardo Augusto Fonseca Pascoal, pelos inúmeros ensinamentos e auxílios a mim prestados, pela dedicação, paciência a mim oferecida e indicação para conhecer o Instituto Federal de Alagoas;

Ao Conselho Nacional de Pesquisas – CNPq pela concessão da bolsa de estudos;

Ao Núcleo de Estudos de Suínos e Coelhos – NESC da Universidade Federal da Paraíba do CCHSA campus de Bananeiras, pela divisão de conhecimentos e amizade;

Aos funcionários do Laboratório de Suinocultura da UFPB-CCHSA, Ivanildo, “Zé e Bruno, pelo apoio e diálogos construtivos;

Ao Instituto Federal de Alagoas – Campus – Satuba, na pessoa do Professor Daniel de Magalhães Araujo, pela indispensável ajuda na realização dos experimentos, pelos ensinamentos, por todo seu esforço e dedicação em aprimorar o ambiente de apoio para excepcional conforto;

Ao Laboratório de Aquicultura e Organismos Aquáticos – LAAQ, por ter cedido uma excelente estrutura para realização dos trabalhos;

A minha companheira de todas as horas Ediana da Silva Ramos, por sua compreensão durante minha ausência, e por edificar ainda mais a nossa família, sempre acreditando nos meus sonhos, fortalecendo ainda mais os laços de nossa união.

A Senhora “Nina” por ter me abrigado em sua casa na cidade de Satuba, até então Eu era um desconhecido na cidade, onde a mesma forneceu dormida e alimento até que Eu pudesse encontrar uma moradia, meu obrigado.

Aos amigos do LAAQ: Dneson Ricardo, Joseane Silva, João Lucas, Glaucia Mariana, Jotahi Rodrigues, Gabriel Victor, Lucas Oliveira, Ana Carolina, Ana Beatriz, pela ajuda, amizade, esforço árduo e companhia durante as atividades.

A dona Carminha (Cozinheira) e Andressa (Nutricionista) do restaurante no IFAL no período que estive, por sempre terem se preocupado em não deixar-me faltar as refeições.

Aos irmãos de consideração que dividiram moradia no período de nove meses: Erigleisson Procópio (garoto Pajuçara), Ismael Gomes e Luan Lira, agradeço enormemente pela acolhida, pelo voto de confiança, aprendi muito com vocês o real valor de uma amizade.

Ao “Doquinha” vizinho na “vila do Rubens” por seus diálogos, bem como os passeios de barco e captura do sururu na lagoa Mundaú.

Ao senhor Rubens, advogado aposentado dono da casa onde morei, agradeço por seus incentivos ao estudo e relatos de sua trajetória de vida como exemplo.

Aos amigos que conquistei durante os treinos de Jiu-jitsu: Aurélio, Diogo, Jóta Corrêa, O índio, Bruno, Edjapson, Espigão, Angelo, Isaac, Junior Cerqueira pelos bons treinos.

A Guaraves-Alimentos®, pela doação dos ingredientes para confecção das rações;

Ao Ricardo aquários “na bomba do Gonzaga” pela doação do kit para qualidade da água;

Ao povo do Estado de Alagoas de um modo geral, por terem me tratado bem, independentemente de onde tenha ido, sempre foram hospitaleiros e amigos com a minha pessoa.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para que fosse possível a realização deste trabalho, o meu muito obrigado

A coordenação do Programa de Pós-graduação em Zootecnia;

A banca Examinatória.

Meu obrigado

Aos meus pais, Marcos Antônio Fidelis da Silva e Paula Francinete Gomes Fidelis, ao irmão, Marcos Antônio Fidelis da Silva Júnior, A minha tia, Maria das Graças Mendes Gomes, A minha esposa, Ediana da Silva Ramos e meus Avós (*in memorian*), Senhor, Manuel Rosa da Silva e Senhora, Geralda Moisés Mendes. Meus maiores tesouros.

DEDICO

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Países produtores de farinha de peixe.....	18
Tabela 2. Composição percentual e nutricional das dietas referência e teste ¹	24
Tabela 3 Composição do concentrado proteico de soja utilizado no ensaio experimental	27
Tabela 4. Composição percentual e nutricional das dietas experimentais	28
Tabela 5. Preços dos ingredientes praticados na região Nordeste por quilograma	31
Tabela 6. Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) das dietas experimentais e coeficientes de digestibilidade aparente (CDA ing) e nutrientes e energia digestível do concentrado proteico de soja (CPS)	32
Tabela 7. Desempenho de alevinos de tilapia Nilo aos 61 dias alimentados com dietas contendo substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja	34
Tabela 8. Composição química corporal de alevinos de tilápia do Nilo alimentados com dietas contendo níveis de concentrado proteico de soja em substituição da farinha de peixe	40
Tabela 9. Morfometria do duodeno dos alevinos de tilápia do Nilo alimentados com rações contendo níveis crescentes de concentrado proteico de soja em substituição da farinha de peixe no período de 61 dias	42
Tabela 10. Peso inicial (PI), peso final (PF), custo da ração por quilo (CR/KG), custo da ração por quilograma de peso vivo ganho (CR/PV), índice de eficiência econômica (IEE) e índice de custo (IC) dos alevinos de tilápia do Nilo alimentados com dietas contendo níveis crescentes de concentrado proteico de soja em substituição a farinha de peixe ..	44

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1. Peso final dos alevinos de tilápia do Nilo alimentados com dietas contendo substituição crescente da farinha peixe (FP) pelo concentrado proteico de soja (CPS).....	35
Figura 2. Ganho de peso dos alevinos de tilápia do Nilo alimentados com dietas contendo substituição crescente da farinha peixe (FP) pelo concentrado proteico de soja (CPS)	35
Figura 3. Consumo aparente de ração dos alevinos de tilápia do Nilo alimentados com dietas contendo substituição crescente da farinha peixe (FP) pelo concentrado proteico de soja (CPS)	36
Figura 4. Conversão alimentar aparente dos alevinos de tilápia do Nilo alimentados com dietas contendo substituição crescente da farinha peixe (FP) pelo concentrado proteico de soja (CPS)	37
Figura 5. Taxa de crescimento específico dos alevinos de tilápia do Nilo alimentados com dietas contendo substituição crescente da farinha peixe (FP) pelo concentrado proteico de soja (CPS)	38
Figura 6. Taxa de eficiência proteica da carcaça inteira dos alevinos de tilápia do Nilo alimentados com dietas contendo substituição crescente da farinha peixe (FP) pelo concentrado proteico (CPS).....	39
Figura 7. Taxa de proteína bruta da carcaça inteira dos alevinos de tilápia do Nilo alimentados com dietas contendo substituição crescente da farinha peixe (FP) pelo concentrado proteico (CPS).....	40
Figura 8. Valor produtivo proteico da carcaça inteira dos alevinos de tilápia do Nilo alimentados com dietas contendo substituição crescente da farinha peixe (FP) pelo concentrado proteico (CPS)	42
Figura 9. Quantidade de células caliciformes por μm^2 no duodeno de alevinos de tilápia do Nilo alimentados com rações contendo níveis crescentes de concentrado proteico de soja em substituição da farinha de peixe.....	43
Figura 10. Células caliciformes de alevinos de tilápia do Nilo aos 61 dias submetidos aos níveis do concentrado proteico de soja 0% (A) e 100% (B); PAS; objetiva 10x; Setas indicam posicionamento das células caliciformes.....	43

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1. Proteína e função na nutrição dos peixes.....	15
2.2. Fontes Proteicas para Tilápia do Nilo.....	17
2.2.1. Farinha de Peixe (FP)	17
2.2.2. Farelo de Soja e Concentrado proteico de soja.....	19
2.3. Metabolismo proteico em Peixes.....	21
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1. Ensaio I – Avaliação nutricional e biológica do Concentrado Proteico de Soja para alevinos de Tilápia do Nilo.....	23
3.2. Ensaio II – Desempenho produtivo, composição de carcaça, morfometria intestinal e viabilidade econômica.....	26
3.2.1. Desempenho Produtivo	26
3.2.2. Morfometria Intestinal	30
3.3. Viabilidade Econômica da alimentação	30
3.4. Análise Estatística	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1. Ensaio de Digestibilidade	32
4.2. Desempenho dos alevinos de tilápia do Nilo alimentados com níveis crescentes do concentrado proteico de soja em substituição da farinha de peixe.....	34
4.3 Morfometria intestinal	42
4.4 Viabilidade econômica	44
7. CONCLUSÃO.....	45
8. REFERÊNCIAS	46

RESUMO

Avaliaram-se diferentes níveis de substituição da farinha de peixe (FP) pelo concentrado proteico de soja (CPS) sobre a digestibilidade, desempenho e a viabilidade econômica para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína (PB) e matéria seca (MS) CPS foram avaliados com uma dieta composta de 69,5% de uma dieta referência, 30% de CPS e 0,5% de óxido de cromo. Os CDA foram 96,54 para PB e 75,62% para MS. Posteriormente em estudo, duzentos e quarenta alevinos com peso inicial médio de $5,10 \pm 0,08$ g foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições, em 20 aquários de 150L. A FP da ração basal foi substituída gradativamente pelo CPS, originando os seguintes níveis: 0; 25; 50; 75 e 100%. Estas rações, foram formuladas para conterem 27,24% de proteína digestível e 3.031,00 Kcal ED.kg⁻¹ de ração. Os parâmetros de qualidade da água estiverem dentro da faixa do conforto para a espécie. Não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) para peso inicial, sobrevivência, índice hepatossomáticos, índice viscerossomático e viabilidade econômica, não foram afetados pelos níveis crescentes de substituição da FP pelo CPS. Entretanto o peso final, ganho de peso, consumo aparente de ração, conversão alimentar aparente, taxa de crescimento específico, proteína bruta da carcaça, valor produtivo da proteína, taxa de eficiência proteica, foram piorados com efeito linear ($p < 0,05$). Ainda na morfometria, foi observado comportamento quadrático para células caliciformes, aumentando com a maior inclusão do CPS. Concluiu-se que a substituição da FP pelo CPS em dietas para alevinos não é recomendável, pois demonstrou comprometer o desempenho, mesmo a eficiência econômica ter sido semelhante entre as dietas em estudo.

Palavras-chave: tilapicultura, nutrição, desempenho, fontes proteicas.

ABSTRACT

Different levels of substitution of fish meal (FP) by soy protein concentrate (CPS) on digestibility, performance and economic viability for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings were evaluated. The apparent digestibility coefficients (CDA) of protein (CP) and dry matter (DM) CPS were evaluated with a diet composed of 69.5% of a reference diet, 30% of CPS and 0.5% of chromium oxide. CDA's were 96.54 for PB and 75.62% for MS. Subsequently, two hundred and forty fingerlings with a mean initial weight of 5.10 ± 0.08 g were distributed in a completely randomized design with five treatments and four replications, in 20 tanks of the 150L. The FP of the basal diet was gradually replaced by the PSC, giving the following levels: 0; 25; 50; 75 and 100%. These rations were formulated to contain 27.24% digestible protein and 3,031.00 Kcal ED.kg⁻¹ feed. The water quality parameters are within the comfort range for the species. There were no significant differences ($p > 0.05$) for initial weight, survival, hepatosomatic index, viscerosomatic index and economic viability were not affected by the increasing levels of FP substitution by CPS. However, the final weight, weight gain, apparent feed intake, apparent feed conversion, specific growth rate, crude carcass protein, protein productive value, protein efficiency rate, were worsened with linear effect ($p < 0.05$). Still in the morphometry, quadratic behavior was observed for goblet cells, increasing with the greater inclusion of CPS. It was concluded that the replacement of FP by CPS in diets for fingerlings is not recommended, as it has been shown to compromise performance, even though the economic efficiency was similar among the diets under study.

Key words: tilapicultura, nutrition, performance, protein sources.

1. INTRODUÇÃO

As tilápias pertencem ao segundo grupo de peixes mais produzidos no mundo, com cerca de 4 milhões de toneladas em 2012 (FAO, 2014). No Brasil, a tilápia do Nilo tem sido a espécie mais criada. Nos anos de 2013, 2014 e 2015 foram produzidas 169,00; 198,49 e 219,33 mil toneladas, respectivamente, o que representou 43,10; 41,90 e 45,40% da piscicultura brasileira (IBGE, 2013; 2014 e 2015). Estes dados demonstram que a produção da espécie cresceu 17,3% em relação à produção obtida em 2013 e 9,70% em relação a 2014 e deve permanecer em expansão.

O Brasil exportou mais de cinco toneladas de tilápia nos três primeiros meses do ano de 2015, sendo que, para o mesmo período em 2016, já ultrapassou a exportação anterior com mais de 188,8 toneladas, correspondendo a um aumento de 3.675% (EMBRAPA, 2016).

Alguns fatores contribuem para que as tilápias tenham lugar de destaque na piscicultura brasileira e mundial. São onívoras por natureza, adaptam-se rápido devido a sua rusticidade, possuem precocidade reprodutiva e reproduzem em qualquer época do ano, possuem alto potencial de conversão alimentar, suportam bem as variações de oxigênio dissolvido na água, não possuem espinhas em formato “y”, assim como o filé e subprodutos possuem boa aceitação no mercado. Segundo Ribeiro et al., (2012), as tilápias também apresentam maior resistência às doenças.

No Brasil, a tilápia do Nilo tem sido produzida principalmente em tanques-rede e em viveiros escavados, em produção intensiva e com elevada densidade de cultivo. Desta forma, é necessário o uso de rações balanceadas, que atendam às exigências nutricionais, proporcionando a manutenção da saúde e a obtenção de melhores índices de desempenho. Em sistemas intensivos de produção, os custos com as rações chegam a superar 50% dos custos totais de produção e as fontes de proteína são os componentes mais onerosos das rações (EL-SAYED, 1999). Estes fatores reforçam a importância da busca pela diversificação dos ingredientes proteicos para a composição das dietas.

A utilização de novos ingredientes proteicos, não convencionais ou alternativos, deve proporcionar redução dos custos das rações e manutenção do desempenho dos peixes. Para isto, a energia e os nutrientes, principalmente proteína e os aminoácidos, contidos nestes ingredientes deve ter valor biológico satisfatório para que ao ingerirem as

rações, os peixes possam ter proteína e aminoácidos disponíveis ao atendimento das importantes funções que desempenham.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o valor nutricional do concentrado proteico de soja e a substituição da farinha de peixe pelo concentrado em dietas para alevinos de Tilápia do Nilo sobre o desempenho produtivo, composição da carcaça, morfometria intestinal e viabilidade econômica.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Proteína e função na nutrição dos peixes

A proteína faz parte da composição do organismo animal em todas as fases de sua vida, sendo extremamente importante na produção. A proteína da dieta é responsável pelo provimento dos aminoácidos essenciais e não essenciais para a construção do tecido corpóreo (GUILLAUME et al., 2004), visto que os peixes não são capazes de sintetizar os aminoácidos essenciais de maneira suficiente para suprirem suas necessidades. Os aminoácidos possuem função na renovação e recuperação de novos tecidos, sendo que cada espécie possui uma necessidade específica, podem ser utilizados como fonte de energia quando consumidos em excesso e quando os níveis de carboidratos e lipídeos estão em déficit. Como a proteína é o nutriente mais oneroso da dieta, preconiza-se evitar que seja utilizada pelos peixes como fonte de energia. Neste sentido, segundo Hisano e Portz (2007), a maneira mais eficaz de reduzir a quebra da proteína para fins de energia se dá ajustando as fontes de energia não proteica, como os carboidratos, viabilizando o uso da proteína para formação muscular (HISANO e PORTZ, 2007).

A proteína é encontrada em grande quantidade na composição corporal dos peixes podendo conter de 65 a 75% na matéria seca (BORGHESI, 2008). As proteínas interagem na regulação metabólica atuando nas secreções glandulares, nos mecanismos de defesa pela contribuição na formação de anticorpos e imunoglobulinas, no equilíbrio dos fluídos com poder tampão, contrações musculares, participação ativa na formação de nucleoproteínas e como transportadores, tais como hemoglobina, mioglobina e globulinas dentre outras (VOET et al., 2014). Somado aos inúmeros benefícios que a proteína possui a mesma deve ser levada em consideração devido ser um ingrediente bastante caro nas formulações de rações (BOSCOLO, 2003; Sá et al., 2006; BARROS, 2010).

Para que os peixes possuam um bom crescimento, reprodução e respostas fisiológicas favoráveis é preciso o emprego de dietas que atendam a exigência nutricional, mas para isso deve ser levado em consideração as características de cada espécie em estudo (ROTTA, 2002).

Os peixes em seu habitat natural e em situações extensivas, possuem contato com o alimento natural, sendo eles os plânctons, estes alimentos têm grande parcela na qualidade nutricional, porém em sistemas intensivos de produção, aplica-se altas densidades de peixes, tornando o alimento natural escasso, por isso é importante o fornecimento de dietas artificiais que possibilite uma boa digestibilidade e forneça os nutrientes essenciais para o máximo aproveitamento (JOBLING et al., 2001).

De acordo com Sampaio (1998), a dieta que contiver um déficit de proteína, uma proteína de baixa qualidade ou baixa biodisponibilidade aminoacídica, irá prejudicar o desempenho dos peixes, diminuindo a eficiência alimentar e o ganho de peso, devido a mobilização de proteína de alguns tecidos para manter a sua homeostase, porém quando a proteína é encontrada em excesso, é empregada como fonte energética fazendo com que os peixes tenham uma redução no consumo ao mesmo tempo que aumenta a presença de compostos nitrogenados na água tais como a amônia o que polui o ambiente e compromete a saúde do peixe.

Peixes de comportamento alimentar herbívoro e onívoro possuem a particularidade de aproveitar melhor a energia de carboidratos na dieta, poupando a proteína, isto pode ser observado devido à redução na atividade de enzimas responsáveis pelo catabolismo dos aminoácidos e via gliconeogênica, estimulando o aumento na atividade de enzimas glicolíticas (FERNÁNDEZ et al., 2007; FIGUEIREDO-SILVA et al., 2013; SÁ et al., 2014; AZAZA et al., 2015).

Neste contexto é importante ser melhor elucidado as exigências de proteína pelos peixes, pois cada ingrediente de origem proteica aplicada em formulações de dietas pode provocar diferentes respostas metabólicas, deste modo às espécies com melhor potencial para a aquicultura são as mais exploradas.

A tilápia do Nilo é um peixe onívoro que apresenta boa rusticidade quando comparada a outras espécies de peixes, pois possui um rápido crescimento e excelente desempenho em sistemas intensivos e está entre as espécies mais produzida no mundo (SANTOS et al., 2009; DIÓGENES et al., 2015; MICHELATO et al., 2015). A procura para um melhor desempenho produtivo da tilápia do Nilo tem sido investigada, obtendo estimativas que variam de 26,8 a 45% para proteína bruta (FURUYA et al., 2000, 2010;

ABDEL-TAWWAB et al., 2010; MABROKE et al., 2012), e valores digestíveis de 24,3 a 38,6% (FURUYA et al., 2005, 2010; RIGHETTI et al., 2011;; KOCH, 2013; SOUSA et al., 2013).

Independente de alguns valores de exigências estarem previamente estabelecidos, é interessante dados atuais referentes ao atendimento das necessidades nutricionais, principalmente dando ênfase a fase de desenvolvimento, sistema de criação e relação energia:proteína dos nutrientes presentes na dieta.

2.2. Fontes Proteicas para Tilápia do Nilo

2.2.1. Farinha de Peixe (FP)

A farinha de peixe tem sido utilizada pela indústria aquícola, devido a sua alta qualidade (NAYLOR et al., 2000). No entanto o pescado empregado na confecção da farinha de peixe de alta qualidade é um recurso finito e o crescimento da aquicultura a nível global vem elevando-se nas últimas décadas, o que provocou um desequilíbrio entre demanda e oferta deste ingrediente para a fabricação de rações para peixes, tornando-se financeiramente inviável sua utilização. De acordo com Tacon (2005) em 1992 a aquicultura teve o consumo de quase 20% da produção mundial de farinha de peixe e óleo de peixe. Porém o consumo em 2006 alcançou valores de 68% da produção total da farinha de peixe e 89% de óleo de peixe (TACON & METIAN, 2008). Neste contexto, estimula-se a procura por fontes proteicas alternativas que agreguem a disponibilidade de mercado (preço e oferta) às qualidades da farinha de peixe e possibilite contornar a escassez da farinha de peixe em um futuro próximo.

As FP de melhor qualidade, geralmente, utilizam peixes inteiros para o processamento industrial, são submetidos a cozimento, pré-secagem (remoção do excesso de água) e extração de óleos, resultando num produto com cerca de 70 a 80% de proteínas e gorduras digestíveis. Este produto possuiu gorduras ricas em ácidos graxos Omega-3, DHA e EPA, componentes imprescindíveis para o crescimento, saúde e produção dos animais. Mais de 70% da produção mundial do ingrediente é oriunda do Chile e Peru (IFFO, 2010).

Tabela 1. Composição de farinhas de peixe oriundas de diferentes países

COMPOSIÇÃO	Chile	Noruega	Hungria	Brasil
Proteína Bruta	±68	±72	±65	±60
Lipídeos	±10	±10	±10	±8
Cinzas	±15	±13	±17	±22
Umidade	±10	±10	±10	±10

Fonte: Circular Embrapa (2011)

A farinha de peixe geralmente apresenta cerca de 60 a 72% proteína bruta e 1,67 a 4,21% de fósforo disponível, também possui ótimo perfil aminoacídico (NRC, 2011). Neste ingrediente destacam-se os conteúdos de vitaminas lipo e hidrossolúveis, quantidades elevadas de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa e minerais presentes (MASUMOTO et al., 1996).

No Brasil as técnicas de processamento para obtenção da FP são as mesmas empregadas em outros países, no entanto tem sido observada uma variabilidade na qualidade desta matéria prima. Com o avanço agroindustrial o pescado tem sido cada vez mais aproveitado, entretanto, as FP produzidas a partir da utilização dos resíduos do processamento dos peixes (cabeças, vísceras, sobras da filetagem, nadadeiras e espinhas), possuem menor qualidade, pois há influência negativa sobre o valor biológico, devido ao maior teor de cinzas (PASTORE et al., 2013). Antes do processamento, os resíduos podem ser mal armazenados, ficando expostos a variações de umidade, temperatura e circulação de ar, proporcionando aumento da oxidação, consequentemente, gerando rancidez e degradação da proteína (TEIXEIRA et al., 2006).

Algumas pesquisas vêm sendo executadas na tentativa de encontrar um ingrediente que garanta uma satisfatória produção e preços acessíveis no mercado aquícola, nesse contexto ingredientes de origem vegetal ganharam destaque como é o caso da soja. A substituição de ingredientes de origem animal por ingredientes de origem vegetal é uma medida que consolidou. Porém, os resultados variam conforme a espécie, condições ambientais e sistema de produção, e nem sempre garante melhor desempenho (TANTIKITTI et al., 2005).

2.2.2. Farelo de Soja e Concentrado proteico de soja

Segundo Nagel (1997) é de suma importância a utilização de espécies na aquicultura que ocupem um nível mais baixo na cadeia trófica, visto que a demanda por produtos de origem animal é grande e de alto custo. Partindo-se deste pressuposto, pode-se afirmar que é interessante a produção de espécies de peixes que se adaptem ao consumo de dietas com ingredientes de origem vegetal.

O farelo de soja é obtido a partir da moagem dos grãos de soja, para extração do óleo, que é destinado para consumo humano, e representa um dos ingredientes de maior importância utilizado em rações animais. O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, com uma produção de 95,63 milhões de toneladas na safra 2015/2016 (CONAB, 2016). Porém, o grão da soja possui fatores antinutricionais que inviabiliza seu consumo in natura, devido à presença de inibidores de proteases (quimiotripsina e tripsina), hemaglutininas (lectinas) e os taninos na forma de compostos fenólicos, quelantes de metais e algumas saponinas (MARTINS, 2011).

Para atenuar os problemas oriundos da presença dos fatores antinutricionais do farelo de soja, durante o processo de desengorduramento (extração do óleo) alguns fatores antinutricionais são eliminados ou inibidos após tratamento térmico. O farelo de soja pode conter de 44 a 50% de proteína e 0,28 a 0,69% de fósforo disponível sendo a fonte proteica de origem vegetal que mais despertou o interesse na produção animal (NRC, 2011). A preocupação de remover ou reduzir os fatores antinutricionais está devido afetar negativamente a morfologia intestinal do animal, provocando inflamações, processos alérgicos e piorando a digestibilidade.

O farelo de soja possui baixos níveis de aminoácidos sulfurados tais como metionina e cistina quando, comparado à farinha de peixe, porém, quando suplementada de aminoácidos sintéticos, melhora a conversão alimentar, retenção de nitrogênio, redução da gordura na carcaça e melhora ganho de peso (FURUYA, 2010).

Farelo de soja é a fonte de proteína de origem vegetal mais empregada, devido ao seu equilíbrio entre aminoácidos essenciais Lovell (1989), segundo Pezzato (1995) pode utilizar até 50% de substituição da farinha de peixe, para trutas e podendo chegar a 95% de substituição para peixes onívoros. Nos últimos anos, pesquisas voltadas para nutrição de peixes têm sido realizadas como uso do farelo de soja (ALVAREZ et al., 2007).

Atualmente um, dos subprodutos do processamento industrial da soja, que tem se destacado é o concentrado proteico de soja (CPS) este concentrado é resultado da extração

do óleo e da fração proteica que não possui solubilidade em água, através de lavagens constantes de hexano, que remove os açúcares não digestíveis (rafinose e estaquiose) presentes, onde a lavagem com solução alcoólica proporciona a redução dos compostos considerados antinutricionais da soja, como antígenos e fito-hormônios, bem como remoção de alguns lipídeos que sobraram do processamento. (CARVALHO, 2011).

Em relação à composição, o CPS possui valores próximos de 70% de proteína bruta, enquanto o concentrado proteico isolado da soja alcança os 90% (TSUKAMOTO e TAKAHASHI, 1992). Ribeiro et al., (2012) testando o CPS para alevinos de tilápia do Nilo, fornecendo 50,0% da proteína total oriunda do CPS e FP na ração, demonstraram que seu uso é viável com relação aos aspectos de desempenho zootécnico e econômico. Neste sentido, Soliman et al., (2000) relata que a utilização do CPS é mais viável financeiramente do que a FP de alta qualidade, pois possui elevados níveis de proteína bruta, podendo superar 60%, e com exceção da lisina e metionina disponíveis, o CPS proporciona os demais aminoácidos essenciais para os peixes. De acordo com Pfeiffer & Beckmann-Toussaint (1991) e Davies & Morris (1997) o CPS tem se mostrado um ingrediente promissor em rações para peixes quando suplementado de aminoácidos.

Assim, para a validação do CPS como adequada fonte proteica para alimentação de tilapias e demais espécies de peixes, nas diversas idades e condições de cultivo, ainda são necessários diversos estudos.

Os peixes, quando comparados a outros animais de produção, possuem maior exigência em proteína dietética, variando de 28 a 50% da proteína bruta, de acordo com a espécie, fase de cultivo, ambiente, enquanto outras espécies terrestres possuem necessidades distintas, a exemplo de frangos e suínos que varia de 18 a 23 % e/ou 14 a 16% respectivamente. Devido estas particularidades os estudos em nutrição e alimentação de peixes se tornam um desafio (FRACALOSSO et al., 2012). A ausência de resultados sólidos reflete diretamente na qualidade das rações ofertadas no mercado, reunidas em função do hábito alimentar, baseado em onívoro e carnívoro (CYRINO et al., 2010). Já para Espírito Santo et al., (2015) avaliando o concentrado proteico de soja na alimentação de juvenis de tilápia-do-nilo perceberam que é possível a substituição da combinação da farinha de vísceras + farinha de peixe sem comprometer crescimento, retenção proteica e composição corporal, porém se faz necessário o uso de suplementação de aminoácidos essenciais ao concentrado proteico de soja tais como metionina e treonina, possibilitando um melhor ganho de peso e digestibilidade proteica.

2.3. Metabolismo proteico em Peixes

O processo digestivo dos peixes é semelhante aos animais não ruminantes, começando pela boca e na cavidade faríngea, onde os alimentos ingeridos passam por processos mecânicos de redução de tamanho, este procedimento tem como objetivo aumentar a superfície de contato, facilitando assim a ação enzimática sobre o alimento fragmentado até a obtenção de compostos mais simples (aminoácidos, ácidos graxos, glicerol e açúcares) para que seja conduzido até os tecidos, mas este processo só é proporcionado pelas presença de enzimas ao longo do trato digestivo.

As enzimas são proteínas que permitem acelerar as reações químicas dos sistemas biológicos e define os padrões das reações químicas. Sua particularidade principal é a especificidade de interagir com alguns compostos e estimular a catálise dos mesmos (BERG; STRYKER, 2010). As enzimas digestivas em peixes são produzidas na mucosa gástrica, nos cecos pilóricos, no pâncreas e da mucosa intestinal, onde são secretadas para o lúmen do trato digestivo com o objetivo de hidrolisar as proteínas, carboidratos e gorduras (SEIXAS-FILHO, 2003).

O processo de digestão das proteínas envolve a ação de proteases ácidas e básica, porém dependendo do meio que são ativadas ou desativadas. As proteínas recebem o primeiro processo de digestão química no estômago, em que a proteína fica exposta a ação do ácido clorídrico, ocorrendo a secreção da pepsina, proporcionando contato da protease ácida, ao mesmo tempo que ocorre uma contínua exposição das proteases alcalinas, tais como: tripsina e quimiotripsina produzidas no pâncreas ou pela parede da mucosa intestinal. O resultado da ação química pelas enzimas proporciona o fracionamento da proteína em polipeptídeos tanto no meio extracelular como ligadas a membrana celular, proporcionando a aparição de aminoácidos livres que serão absorvidos (RUST, 2002).

As proteínas apresentam diferentes níveis estruturais, podendo existir peptidases e proteases distintas, sendo que cada uma com funcionalidade específica relacionada à estrutura dessa molécula. Neste contexto, uma determinada cadeia de aminoácidos pode formar estrutura primária de uma proteína, sendo que os aminoácidos ligados por pontes de hidrogênio representam estruturas secundárias e as estruturas terciárias são formadas pelas ligações mais distantes entre as cadeias de aminoácidos, e em alguns casos as proteínas de estrutura terciária se unem criando a estrutura quaternária (TYMOCZKO, 2010).

Em algumas espécies de peixes ocorre uma diminuição na absorção dos aminoácidos e peptídeos da região anterior para a posterior do intestino, comportamento também encontrado em mamíferos apesar das particularidades anatômicas (BAKKE-MCELLEP et al., 2000).

Algumas proteínas podem ser absorvidas pelos enterócitos na forma intacta através de pinocitose, ocorrendo principalmente na parte posterior do intestino de tal forma que a idade e tipo de dieta não altera esse processo. Uma vez dentro da célula a proteína passa por hidrólise através de enzimas citoplásticas até seu fracionamento em peptídeos e aminoácidos, posteriormente conduzidos pela membrana basolateral (BAKKE et al., 2010). Os aminoácidos dipeptídeos e tripeptídeos geralmente são absorvidos quando expostos a membrana apical dos enterócitos através do transportador de peptídeos (PEP1) que demonstra baixa afinidade e o transportador de peptídeos 2 (PEP2) possui maior afinidade. Porém ambos transportadores são dependentes de prótons, particularmente os íons de H^+ , agindo como um co-transportador (VERRI et al., 2010.)

A absorção dos aminoácidos podem variar, mas na membrana dos enterócitos predomina os mecanismos dependentes de sódio, de modo que o aminoácido é transferido junto do sódio, evitando gasto energético, mas necessita de um gradiente eletroquímico através da bomba de sódio e potássio (BAKKE, et al., 2010).

Os aminoácidos quando absorvidos são destinados para síntese de proteína corporal e outros compostos que funcionalidades específicas são o caso de alguns hormônios e neurotransmissores. Os aminoácidos quando em excesso, não são armazenados e rapidamente passam por uma desaminação ocorrendo à liberação da amônia para excreção, tornando assim disponíveis os esqueletos de carbono para oxidação, gerando energia e em alguns casos isolados fornecendo glicose e lipídeo. De modo geral os aminoácidos podem participar tanto dos processos anabólicos como catabólicos (COWE SARGENT, 1979).

Para Neves et al., (2015) os níveis proteicos e energéticos das dietas para peixes devem ser atendidos, também afirmam que o cuidado de empregar uma proteína de qualidade melhor na dieta dos peixes está na preocupação de fornecer aminoácidos de boa digestibilidade, que proporcione uma melhor retenção de proteína para o crescimento, que garanta a viabilidade nas formulações das dietas e que seja ambientalmente sustentável.

Deste modo objetivou-se com este estudo determinar os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes do concentrado proteico de soja (CPS); o desempenho zootécnico e analisar a morfometria intestinal de tilápias do Nilo alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de substituição da farinha de peixe pelo CPS.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O protocolo Experimental foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal da Paraíba - CEUA – UFPB_____.

Os experimentos de digestibilidade e desempenho foram conduzidos no Laboratório de Aquicultura e Ambiente Aquático – LAAQ do Instituto Federal de Alagoas – Campus – Satuba.

3.1. Ensaio I – Avaliação nutricional e biológica do Concentrado Proteico de Soja para alevinos de Tilápia do Nilo

Para a realização do estudo foram utilizados duzentos e quarenta alevinos de tilápia nilótica ($3,06 \pm 0,22$ g), revertidos sexualmente para machos, que foram alojados em oito tanques-rede de alimentação, de formato cilíndrico e capacidade de $0,09 \text{ m}^3$ (120 cm de diâmetro e 90 cm de altura), confeccionados com tela plástica (malha de 1,50 cm entre nós). Os oito tanques-rede estavam distribuídos igualmente em duas caixas d'água de 1000 L, ambas ligadas em um sistema de recirculação dotado de aeração e filtragem físico-biológica. Em cada tanque-rede de alimentação havia 30 peixes, que constituíam uma unidade experimental. Para as coletas de fezes, foram utilizados quatro tanques de formato cônico (incubadoras), com capacidade de 115 L e confeccionados em fibra de vidro.

Para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDAs) do concentrado proteico de soja (CPS), foi utilizado o método Guelph modificado, usando óxido de cromo a 0,5% como indicador inerte, com método indireto de coleta. Para tal, foi elaborada uma ração referência com 3.031 kcal/kg de energia digestível e 27,24% de proteína digestível (Tabela 2), na qual o ingrediente teste substituiu 30% desta ração referência para resultar na ração teste. Para a confecção das rações, os ingredientes foram moídos em moinho de facas, peneirados até granulometria padronizada (0,5 mm), pesados e homogeneizados manualmente. Quando devidamente misturadas, as rações foram

umedecidas com 17 a 22% de sua massa em água a 55°C para, posteriormente, serem extrusadas em extrusora laboratorial (Exteec). Após a extrusão, foram secas em estufa de ventilação forçada de ar a 55°C por 24h, retiradas para resfriarem em temperatura ambiente, identificadas e acondicionadas em freezer (-20°C) até o fornecimento aos peixes.

Tabela 2 Composição percentual e nutricional das dietas referência e teste¹

Ingredientes	Dieta referência	
Farelo de soja		35,76
Concentrado proteico de soja		0,00
Farinha de peixe		20,00
Milho		20,00
Farelo de trigo		10,00
Óleo de soja		1,50
Amido de milho		9,50
Dl-Metionina		0,16
L-treonina		0,25
L-Triptofano		0,06
Celulose microfina		0,90
BHT		0,02
Suplemento vitamínico e mineral ¹		0,80
NaCl		0,50
Vitamina C		0,05
Óxido de Crômio		0,50
Total		100,00
Composição nutricional		
Matéria seca (%)		88,37
Proteína bruta (%)		30,86
Proteína digestível (%)		27,24
Energia digestível (k.cal kg ⁻¹)		3.031,00
Extrato etéreo (%)		4,66
Fibra bruta (%)		4,01
Matéria mineral (%)		8,22
Cálcio (%)		1,42
Fósforo (%)		0,58

¹Composição por quilograma de suplemento: Vit. A – 1.000.000 UI; Vit. C – 31.250 mg; Vit. D3 – 312.500UI; Vit. E – 18.750 UI; Vit. K3 – 1.250 mg; Vit. B1 – 2.500 mg; Vit. B2 – 2.500 mg; Vit. B6 – 1.875 mg; Vit. B12 – 4 mg; Ac. Nicotínico – 12.500 mg; Ac. Pantotênico – 6.250 mg; Biotina – 125 mg; Ac. Fólico – 750 mg; Colina – 50.000 mg; Inositol – 12.500 mg; Ferro – 6.250; Cobre – 625 mg; Zinco – 6.250 mg; Manganês – 1.875 mg; Selênio – 13 mg; Iodo – 63 mg; Cobalto – 13 mg; Antioxidante – 3.125 mg.

Anteriormente ao início do experimento, os peixes alojados foram adaptados por cinco dias às condições de manejo e alimentação com as rações experimentais, sendo alimentadas quatro vezes ao dia (08h00, 11h00, 14h00 e 17h00). Nos dias antecedentes às coletas, os tanques-rede foram limpos, para evitar possível contaminação das fezes com resíduos de ração, e transferidos com os peixes, das caixas de 1000 L para os tanques de coleta de fezes. Nestes dias, os peixes foram alimentados duas vezes pela manhã (08h00 e 11h00) e a cada hora à tarde (14h00; 15h00; 16h00 e 17h00), sendo posteriormente transferidos para os tanques de coleta às 17h30. Anteriormente a alimentação, a cada hora, foi retirada as sobras de ração, com a finalidade de evitar seu consumo em detrimento da nova oferta, evitando o consumo de uma ração em que os nutrientes poderiam ter sido lixiviados, pela permanência de longo período na água, e para provocar novo estímulo ao consumo de alimento.

No total, foram realizadas oito coletas de fezes dos peixes de cada tanque-rede, sendo que, a cada duas coletas, as fezes eram juntadas para a composição de uma amostra, desta maneira, obteve-se quatro amostras. As coletas, para cada grupo de peixes, se deram dias alternados, com o objetivo de diminuir os possíveis efeitos do estresse sobre a capacidade digestiva dos animais. As fezes foram coletadas na manhã seguinte (08:00 horas), acondicionadas em potes plásticos previamente identificados e armazenadas em freezer (-20°C), para as análises posteriores. Em seguida as amostras foram desidratadas em estufa de ventilação forçada a 55,0°C, moídas, colocadas em potes plásticos devidamente identificados e novamente armazenadas em freezer.

Durante o período experimental, as caixas de 1000 L foram sifonadas sempre que necessário, assim como os próprios tanques-rede foram limpos devido ao acúmulo de sobras de ração e deposição de fezes, garantindo que os parâmetros de qualidade da água para o sistema de recirculação permanecessem adequados. Para monitorar os parâmetros de qualidade da água, temperatura e oxigênio dissolvido foram mensurados diariamente (manhã e tarde) com o uso de oxímetro digital (ALFAKIT® AT 155 com termômetro digital acoplado); pH, com o uso do peagâmetro (ALFAKIT®), amônia total e nitrito total, com o uso de kits de diagnóstico (Labcontest), realizados a cada três dias. Os valores de temperatura ($24,1 \pm 0,6^\circ\text{C}$), oxigênio dissolvido ($7,2 \pm 0,5$ mg/L), pH ($7,0 \pm 0,51$), amônia total ($0,06 \pm 0,13$ mg/L), nitrito total ($0,06 \pm 0,13$ mg/L) permaneceram dentro dos valores recomendados para o cultivo da espécie de acordo com Kubitzka (2000).

A determinação da concentração de óxido de crômio-III foi realizada pelo Laboratório de Físico-química de Produtos de Origem Animal *Allabor*® do Estado do

Paraná, seguindo a metodologia proposta por (BREMER NETO et al., 2005). As análises de cálcio, fósforo e energia dos ingredientes, rações e fezes foram realizadas de acordo com (AOAC, 2000) pelo laboratório de nutrição animal da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – (UNIOESTE).

O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) foi calculado com base na seguinte fórmula:

$$Da_{(n)} = 100 - \left[100 \left(\frac{\% Cr_2O_{3r}}{\% Cr_2O_{3f}} \right) \times \left(\frac{\% N_f}{\% N_r} \right) \right]$$

onde:

Da(n) = Digestibilidade aparente;

Cr₂O_{3r} = % de óxido de cromo-III na ração;

Cr₂O_{3f} = % de óxido de cromo-III nas fezes;

Nf= Nutriente nas fezes

Nr = Nutrientes na ração.

Os cálculos dos coeficientes de digestibilidade das rações foram realizados conforme descrito por (SAKOMURA E ROSTAGNO, 2016).

3.2. Ensaio II – Desempenho produtivo, composição de carcaça, morfometria intestinal e viabilidade econômica

3.2.1. Desempenho Produtivo

Para verificação do desempenho produtivo dos alevinos de tilapia do Nilo submetidos aos diferentes níveis de substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja, foram utilizados duzentos e quarenta alevinos de tilápia nilótica (5,1±0,08g) revertidos sexualmente para machos, distribuídos em 20 tanques experimentais com capacidade de 150L, em uma densidade de 12 alevinos por aquário. Os aquários estavam ligados em um sistema de recirculação de água com aeração constante e filtragem físico-biológica, para a manutenção da qualidade da água.

Para formulação das dietas experimentais, os valores nutricionais do Concentrado proteico de soja utilizados foram os apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 Composição do concentrado proteico de soja utilizado no ensaio experimental¹

Nutrientes²	Concentrado proteico de soja
Proteína Bruta (%)	65,00
Umidade (%)	9,00
Fibra Bruta (%)	5,00
Matéria Mineral (%)	7,00
Lipídeos (%)	0,30
Aminoácidos² (g/100 g de proteína)	
Ácido aspártico	10,8
Treonina*	3,7
Serina	4,5
Ácido Glutâmico	17,1
Prolina	5,0
Glicina	4,1
Alanina	4,1
Cistina	1,3
Valina*	4,9
Metionina*	1,3
Isoleucina*	4,7
Leucina*	7,5
Tirosina	3,4
Fenilalanina*	4,8
Histidina*	2,5
Lisina*	6,1
Arginina	6,9
Triptofano*	1,2
Minerais² (mg/100g)	
Potássio	2200 – 2800
Cálcio	200 – 400
Fósforo	800 – 1200
Ferro	8 – 13
Magnésio	200 – 400

¹ADMTM - Arcon® - Decatur – ILLIONS; ²Especificações do fabricante; * Aminoácidos essenciais

Confeccionaram-se cinco rações experimentais em que a farinha de peixe (FP) da ração basal foi substituída gradativamente pelo concentrado proteico de soja (CPS), nos seguintes níveis 0; 25; 50; 75; e 100% de substituição da FP pelo CPS. Estas rações, isonutritivas, foram formuladas para conterem 27,24% de proteína digestível e 3.031,00 Kcal de energia digestível da ração. O percentual dos ingredientes e a composição químico-bromatológica das dietas experimentais estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 Composição percentual e nutricional das dietas experimentais

Ingredientes	Níveis de Substituição da FP pelo CPS				
	0	25	50	75	100
Farelo de soja	35,76	33,55	31,50	29,40	27,20
Concentrado Proteico de Soja	0,00	5,00	10,00	15,00	20,00
Farinha de peixe	20,00	15,00	10,00	5,00	0,00
Milho grão	20,00	21,60	22,85	23,91	25,21
Amido de milho	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Farelo de trigo	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Óleo de soja	1,50	1,50	1,60	1,80	2,00
DL-Metionina	0,16	0,14	0,12	0,10	0,11
L-Triptofano	0,06	0,02	0,00	0,00	0,00
L-Treonina	0,25	0,18	0,12	0,05	0,00
Celulose microfina	0,90	0,74	0,54	0,37	0,21
Fosfato bicálcico	0,00	0,40	1,10	1,80	2,40
Calcário	0,00	0,50	0,80	1,20	1,50
Vitamina C	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Cloreto de colina	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
NaCl	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Suplemento vitamínico e mineral ²	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
BHT	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição nutricional					
Matéria seca (%)	86,97	86,48	86,12	85,59	85,14
Proteína bruta (%)	30,87	30,41	30,03	29,62	29,21
Proteína digestível (%)	27,24	27,24	27,28	27,28	27,26
Energia digestível (Kcal Kg ⁻¹)	3044,02	3038,68	3036,75	3036,21	3039,46
Extrato etéreo (%)	4,66	4,28	4,00	3,81	3,62
Fibra bruta (%)	4,01	4,01	3,99	3,98	3,98
Lisina (%)	1,87	1,92	1,97	2,03	2,07
Metionina (%)	0,61	0,58	0,56	0,53	0,53
Triptofano (%)	1,21	1,20	1,21	1,20	1,21
Matéria mineral (%)	8,23	7,24	6,25	5,26	4,27
Cálcio (%)	1,42	1,39	1,37	1,38	1,32
Fósforo disponível (%)	0,58	0,53	0,54	0,55	0,54

²Composição por quilograma de suplemento: Vit. A – 1.000.000 UI; Vit. C – 31.250 mg; Vit. D3 – 312.500UI; Vit. E – 18.750 UI; Vit. K3 – 1.250 mg; Vit. B1 – 2.500 mg; Vit. B2 – 2.500 mg; Vit. B6 – 1.875 mg; Vit. B12 – 4 mg; Ac. Nicotínico – 12.500 mg; Ac. Pantotênico – 6.250 mg; Biotina – 125 mg; Ac. Fólico – 750 mg; Colina – 50.000 mg; Inositol – 12.500 mg; Ferro – 6.250; Cobre – 625 mg; Zinco – 6.250 mg; Manganês – 1.875 mg; Selênio – 13 mg; Iodo – 63 mg; Cobalto – 13 mg; Antioxidante – 3.125 mg.

Para a confecção das dietas experimentais do desempenho foi adotado o mesmo protocolo que as dietas da digestibilidade. Durante os 61 dias do ensaio, os peixes foram alimentados com as rações experimentais quatro vezes ao dia (08h00, 11h00, 14h00 e 17h00), até a saciedade aparente, evitando assim lixiviação das rações devido a sua permanência por um longo período na água.

Durante o ensaio, os aquários foram sifonados sempre que necessário, e o sistema de contenção de matéria orgânica do filtro físico-biológico foi lavado diariamente, para evitar excesso de matéria orgânica para manter a adequada qualidade da água. Oxigênio dissolvido ($7,0 \pm 0,38$ mg/L), temperatura ($24 \pm 1,1^\circ\text{C}$), pH ($7,18 \pm 0,12$), amônia total ($0,43 \pm 0,49$ mg/L) e nitrito total ($0,50 \pm 0,58$ mg/L) foram aferidos da mesma forma, com a mesma frequência e com os mesmos utensílios descritos anteriormente no ensaio de digestibilidade. Os parâmetros de qualidade de água observados no estudo encontram-se dentro dos parâmetros recomendados para o cultivo da espécie de acordo com Kubitza, (2000).

Ao final de 61 dias, todos os peixes e sobras de ração não fornecida foram pesados para a determinação do peso final (PF, g), ganho de peso (GP, g/peixe/dia), consumo aparente de ração (CAR, g/peixe/dia), conversão alimentar aparente (CAA), taxa de eficiência proteica (TEP), taxa de crescimento específico (TCE) e Valor Produtivo da Proteína (VPP), conforme equações abaixo:

$$\text{GP} = \text{PF} - \text{PI};$$

$$\text{CAA} = \text{CAR} / \text{GP};$$

$$\text{TEP} = \text{GP} / \text{Proteína Digestível Consumida};$$

$$\text{TCE} = [(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}) / \text{tempo}] \times 100;$$

$$\text{VPP} = [(\text{proteína corporal final} - \text{proteína corporal inicial}) / \text{proteína consumida} \times 100].$$

Ainda ao final do ensaio, oito peixes de cada tratamento foram anestesiados por imersão em água com aproximadamente 250 mg L^{-1} de óleo de cravo em seguida sacrificados por superdosagem de óleo de cravo na água.

Dois dos animais, por tratamento, foram dissecados imediatamente após o sacrifício para a pesagem de vísceras e fígado. Para a pesagem do fígado, o mesmo foi separado das vísceras com o auxílio de pinças e bisturis. Durante a retirada das vísceras e dos fígados, os peixes foram mantidos em sacos plásticos identificados. Os peixes eviscerados e os fígados foram, então, pesados para a determinação dos índices viscerossomático total (IVST), que consiste da relação entre o percentual de peso de todas as vísceras em relação ao peso do peixe; e hepatossomático (IHS), que consiste da relação entre o percentual de peso do fígado em relação ao peso do peixe, conforme equações descritas abaixo. Todas as unidades de massa são notadas em grama.

$IVST = [(peso\ das\ vísceras * 100)/peso\ do\ peixe];$

$IHS = [(peso\ do\ fígado * 100)/peso\ do\ peixe].$

Dos oito peixes sacrificados, seis tilápias de cada nível foram embalados em sacos plásticos, identificados e congelados em freezer (-20°C). Posteriormente, foram retiradas as escamas e os peixes foram moídos inteiros, em moinho de carne, por duas vezes, para evitar resíduos de espinhas inteiras e pele, colocados em potes plásticos identificados e congelados novamente até análises posteriores de acordo com o (A.O.A.C., 2000).

3.2.2. Morfometria Intestinal

Após o período de sensibilização, foram sacrificados dois peixes por repetição, totalizando oito animais por tratamento. Estes peixes foram dessecados para a retirada dos intestinos, que foram fixados rapidamente em formol a 10%, identificados conforme o tratamento e repetição, e armazenados. Posteriormente, as amostras foram conduzidas para o processamento histológico no Laboratório de Histologia do PPGCAN da universidade federal da Paraíba, onde se realizou o processamento histológico padrão de desidratação em soluções crescentes de álcoois, iniciando com 70% até o álcool absoluto, clarificadas em xilol e incluídos em parafina.

A partir dos blocos de parafina foram realizados cortes de 5 µm de espessura em micrótomo e corados pela coloração de hematoxilina-eosina, para obtenção das variáveis morfométricas de altura de vilo, largura de vilo e área de absorção. Para a contagem de células caliciformes, pela técnica do ácido periódico de Schiff-PAS (TOLOSA et al. 2003). Em seguida foram digitalizadas duas imagens por animal com objetiva de 10x em microscópio Olympus BX-60 e câmera Zeiss AxioCam acoplada com programa de captura de imagens digitais Motic Image Plus 2.0. Em cada fotomicrografia foram realizadas 6 mensurações por intestino, realizando-se em seguida a média de cada intestino observado totalizando “n” de 8 por tratamento.

3.3. Viabilidade Econômica da alimentação

Para verificar a viabilidade econômica da inclusão do concentrado proteico de soja nas rações experimentais para alevinos de tilápia do Nilo, foram utilizados os preços (Tabela 5) praticados na região Nordeste, valores obtidos através de pesquisa de mercado.

Tabela 5 Preços dos ingredientes praticados na região Nordeste por quilograma

Ingredientes	Preço (Kg)¹
Farelo de soja	1,60
Concentrado Protéico de Soja	2,75
Farinha de peixe	3,50
Milho grão	1,06
Amido de milho	10,00
Farelo de trigo	0,93
Óleo de soja	3,50
DL-Metionina	29,30
L-triptofano	42,97
L-treonina	19,90
Celulose microfina	10,51
Fosfato bicálcio	3,40
Calcário	0,24
Vitamina C	24,90
Cloreto de colina	6,60
NaCl	0,70
Suplemento vitamínico e mineral ²	12,57
BHT	17,50

¹Valores obtidos através de pesquisa de mercado.

Para determinar o índice de eficiência econômica (IEE) e o índice de custo médio (IC) será utilizado o modelo proposto por (BARBOSA et al., 1992).

$$IEE = M_{Ce} / C_{Tei} \times 100$$

$$IC = C_{Tei} / M_{Ce} \times 100$$

Em que:

M_{ce} = menor custo médio observado em ração por quilograma de peso vivo ganho entre os tratamentos;

C_{Tei} = custo médio do tratamento i considerado.

O custo médio em ração por quilograma de peso vivo (Y_i) durante o período experimental será obtido por meio da equação descrita por (BELLAYER et al., 1985).

$$Y_i = Q_i \times P_i / G_i$$

Em que:

Y_i = custo médio em ração por quilograma ganho no i-ésimo tratamento;

P_i = preço médio por quilograma da ração utilizada no i-ésimo tratamento;

Qi = quantidade por quilograma da ração utilizada no i-ésimo tratamento;

Gi = ganho médio de peso do i-ésimo tratamento.

3.4. Análise Estatística

Os dados obtidos no ensaio de desempenho foram analisados quanto a distribuição dos erros (teste de Cramer Van-misses a 5%) segundo Everitt (1998), estes atendendo as pressuposições estatísticas foram submetidos a análise de variância e analisados por regressão polinomial.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Ensaio de Digestibilidade

Os parâmetros de qualidade de água deste ensaio mantiveram-se dentro da faixa de normalidade para tilápia do Nilo conforme descrito por (Kubtiza, 2000). Observa-se também que os valores de coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e energia estão acima de 75%, porém para os minerais cálcio e fósforo os valores ficaram baixos (Tabela 6).

Tabela 6 Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) das dietas experimentais e coeficientes de digestibilidade aparente (CDA ing) e nutrientes e energia digestível do concentrado proteico de soja (CPS)

Coeficientes de digestibilidade aparente (%)					
Dietas	MS¹	PB²	EB³	Ca⁴	P⁵
Referência	88,37	93,40	82,86	34,53	38,14
Referência + CPS	93,48	94,34	81,68	24,43	43,33
Coeficiente de digestibilidade do ingrediente %	MS	PB	EB	Ca	P
CPS	75,62	96,54	78,92	17,52	40,74
Nutrientes digestíveis	MSD⁶	PBD⁷	ED⁸	CaD⁹	PD¹⁰
CPS	67,82	60,12	3616,30	35,05	40,74

¹MS –Matéria seca; ²PB – Proteína bruta; ³EB – energia bruta, ⁴Ca –cálcio; ⁵P –fósforo; ⁶MSD – Matéria seca digestível; ⁷PBD – Proteína bruta digestível, ⁸ED- Energia digestível e ⁹CaD- Cálcio digestível; ¹⁰PD –Fósforo digestível.

Os estudos voltados para a determinação dos valores de digestibilidade aparente dos nutrientes e a energia digestível dos ingredientes é peça chave para substituição em dietas para peixes de interesse econômico, pois tais informações podem possibilitar formulações de dietas com qualidade nutricional adequada e consequentemente um melhor desempenho produtivo com menor excreção de compostos nitrogenados e minerais no ambiente aquático.

O concentrado proteico de soja (CPS) avaliado neste estudo apresentou valores de 60,12% de proteína bruta, e 3616,30 kcal/kg de energia digestível semelhantes a alguns publicados na literatura para o CPS (MEURER et al.,2003; HERNÁNDEZ et al., 2014 e ESPIRITO SANTO et al., 2015). Os coeficientes de digestibilidade revelam valores próximos os quais os animais conseguem hidrolisar, estes valores podem ser influenciados pelas propriedades físicas e químicas do ingrediente testado.

A tilápia do Nilo possui vantagem em relação a outras espécies de peixes devido sua posição na cadeia trófica, como uma espécie onívora, possui boa capacidade de digerir alimentos de origem vegetal quanto animal. Por ser uma proteína de origem vegetal o concentrado apresentou acentuada disponibilidade para o fósforo disponível, como explicação temos que o fósforo na forma de fitato não é biodisponível para peixes, devido à ausência da fitase, enzima imprescindível para separar o fósforo do fitato. Em ingredientes vegetais, a maior parte do fósforo é encontrado como fósforo fítico ou ácido fítico o qual possui cargas negativas que podem ligar-se a cargas positivas, formando complexos insolúveis com proteínas, aminoácidos, amido e minerais. Acarretando assim a diminuição de utilização dos mesmos. Corrobora Leeson (1999) aplicando fitase em dietas para frangos, observou que o ácido fítico presente nas dietas tem afinidade com o cálcio, formando o fitato de cálcio, essa reação precipita o cálcio a ser aproveitado e impede a hidrólise pela fitase.

Com base nos resultados dos coeficientes de digestibilidade encontrados nessa pesquisa, pode-se acreditar que o concentrado proteico de soja possa ser uma boa alternativa para formulação de dietas para tilápia do Nilo.

4.2. Desempenho dos alevinos de tilápia do Nilo alimentados com níveis crescentes do concentrado proteico de soja em substituição da farinha de peixe.

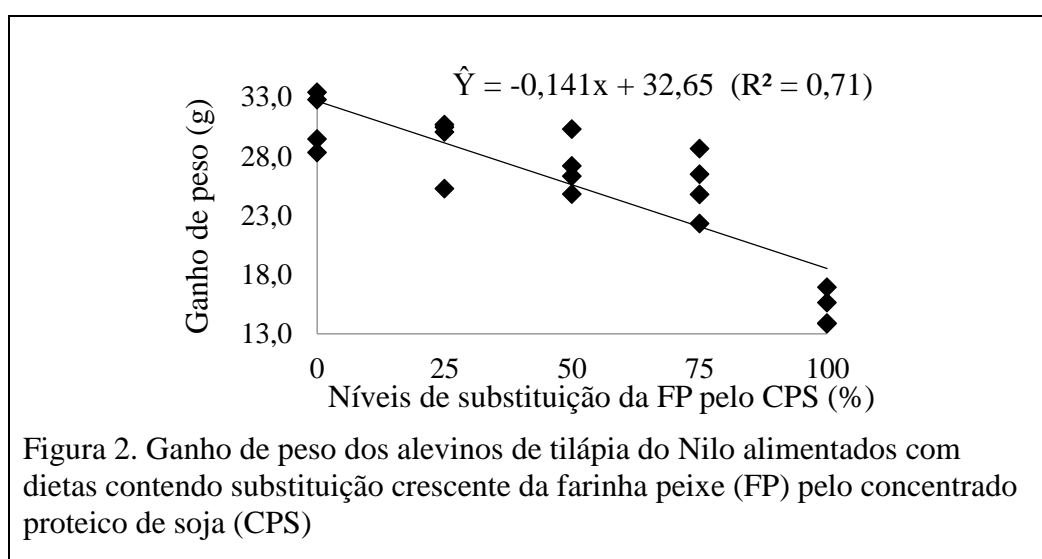
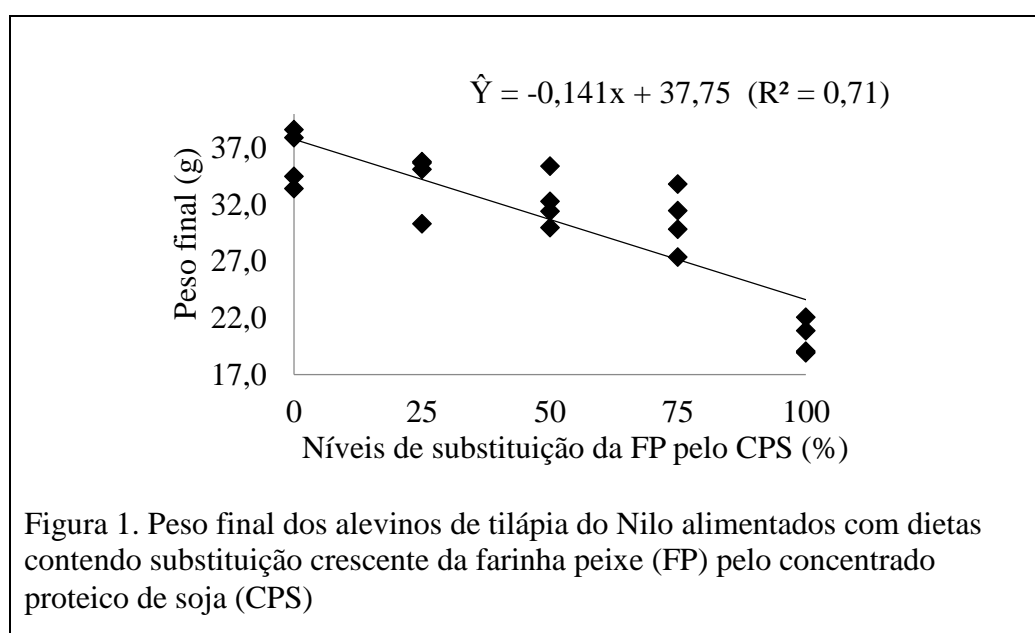
Para os parâmetros de qualidade da água, permaneceram dentro do aceitável para a espécie o oxigênio dissolvido ($7,0 \pm 0,38$ mg/L), pH ($7,18 \pm 0,12$), amônia total ($0,43 \pm 0,49$ mg/L), nitrito total ($0,50 \pm 0,58$ mg/L) e temperatura ($24 \pm 1,1^\circ\text{C}$), de acordo com (Kubtiza, 2000). Para as variáveis de peso inicial, sobrevivência, índice hepatossomáticos e índice viscerossomáticos não foram alterados ($P > 0,05$) pelos níveis crescentes de concentrado proteico de soja na ração de acordo com a (Tabela 7).

Tabela 7 Desempenho de alevinos de tilápia do Nilo alimentados com dietas contendo níveis do concentrado proteico de soja em substituição da farinha de peixe

Variáveis	Níveis de substituição (%)					R	CV (%)
	0	25	50	75	100		
PI, g	$5,10 \pm 0,08$	$5,11 \pm 0,15$	$5,10 \pm 0,04$	$5,05 \pm 0,08$	$5,13 \pm 0,07$	NS	1,48
PF, g	$36,10 \pm 2,53$	$34,22 \pm 2,62$	$32,26 \pm 2,29$	$30,62 \pm 2,72$	$20,22 \pm 1,51$	L	7,95
GP, g	$30,99 \pm 2,48$	$29,11 \pm 2,58$	$27,15 \pm 2,32$	$25,56 \pm 2,68$	$15,09 \pm 1,48$	L	9,48
CAR, g	$31,11 \pm 3,54$	$31,56 \pm 2,29$	$27,96 \pm 2,66$	$27,18 \pm 5,06$	$19,10 \pm 1,62$	L	10,66
CAA, g/g	$1,00 \pm 0,05$	$1,08 \pm 0,05$	$1,03 \pm 0,08$	$1,06 \pm 0,15$	$1,26 \pm 0,02$	L	6,95
TCE, %	$42,43 \pm 3,97$	$39,34 \pm 4,17$	$36,15 \pm 3,86$	$33,62 \pm 4,34$	$16,33 \pm 2,39$	L	11,78
TEP, %	3,17	3,09	3,02	2,94	2,27	L	7,07
SBV, %	100,00	100,00	100,00	97,91	100,00	NS	1,87
IHS, %	$1,11 \pm 0,30$	$0,97 \pm 0,38$	$1,00 \pm 0,33$	$0,97 \pm 0,49$	$1,1 \pm 0,39$	NS	33,42
IVSM, %	$13,17 \pm 0,69$	$13,05 \pm 0,85$	$12,51 \pm 1,36$	$13,81 \pm 1,55$	$13,13 \pm 1,86$	NS	10,18

R = Regressão; CV = coeficientes de variação; NS = não significativo; L = Efeito linear; PI= peso inicial; PF= peso final; GP: ganho de peso; CAR= consumo aparente de ração; CAA= conversão alimentar aparente; TCE= taxa de crescimento específico; TCP= taxa de crescimento proteico; TEP= taxa de eficiência proteica; SBV= sobrevivência; IHS= índice hepatossomático; IVSM = índice viscerossomático.

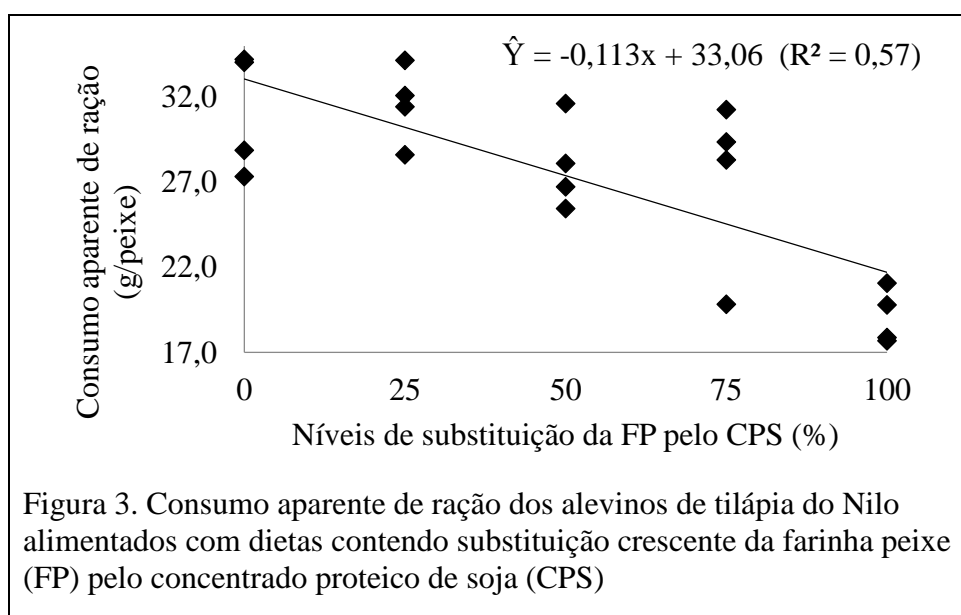
O peso final e ganho de peso (Figura 1 e 2), foram afetados linearmente ($P < 0,05$), de acordo com as equações $\hat{Y} = 37,75 - 0,141x$; $R^2 = 0,71$ e $\hat{Y} = 32,65 - 0,141x$; $R^2 = 0,71$ respectivamente, com a substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja. Temos que para cada quilo de substituição na dieta provocou uma redução de 0,14g ou 140 mg no peso do alevino. Como explicação para este efeito temos a possibilidade da baixa disponibilidade do aminoácido lisina no ingrediente testado, pois o concentrado proteico de soja possui uma fração proteica que tem a solubilidade em água prejudicada quando exposta a pH inferior a 4,5 o que pode ter inviabilizado a hidrólise e fornecimento deste aminoácido.



A lisina é utilizada na síntese proteica nos peixes e encontrada em grande quantidade no tecido muscular da tilápia, consequentemente este aminoácido não estando

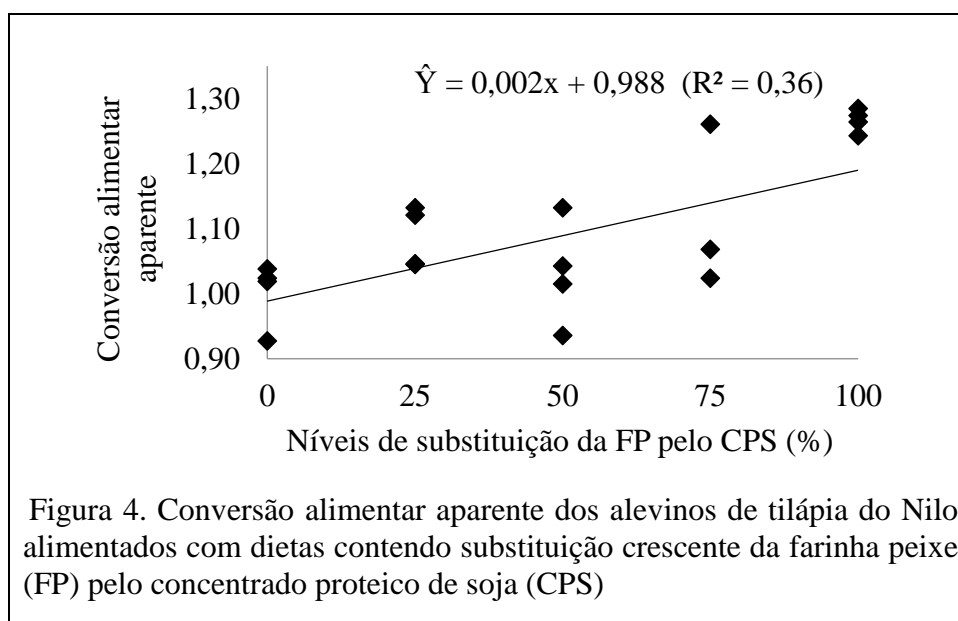
disponível adequadamente na dieta irá prejudicar o desempenho. Corrobora Small & Soares (2000) a lisina é o primeiro aminoácido limitante para peixes. As exigências de lisina e metionina das dietas experimentais foram numericamente atendidas de acordo com o recomendado por (FURUYA, 2010). Os dados obtidos no ensaio de digestibilidade permitem dizer que apesar do concentrado proteico de soja avaliado neste estudo possuir alta digestibilidade proteica não implica dizer que seu valor biológico para os aminoácidos foram atendidos. Na alimentação dos peixes, mais importante que a fonte da proteína, é o bom balanceamento dos aminoácidos que devam estar em adequadas proporções através da combinação dos ingredientes e/ou pela adição de aminoácidos cristalinos (STOREBAKKEN et al., 2000).

O consumo aparente de ração (Figura 3) teve comportamento linear decrescente segundo a equação $\hat{Y} = 33,06 - 0,113x$; $R^2 = 0,57$), com os níveis de inclusão da proteína vegetal, esse comportamento pode ser justificado pelo tipo de extração o qual o concentrado proteico de soja foi submetido durante seu processamento, pois na etapa de extração alcoólica de acordo com o fabricante reduz a quantidade de carboidratos fazendo com que a proteína fique mais concentrada. Consequentemente fatores antinutricionais de origem proteica se mantêm, também deve ser considerado que além do concentrado proteico de soja substituindo à farinha de peixe, as dietas continham farelo de soja, o que provavelmente potencializou uma redução na palatabilidade das dietas nos maiores níveis de inclusão.



Esta redução de consumo pode ser interpretada como um mecanismo de defesa do organismo para evitar ou reduzir manifestações oriundas de disfunções metabólicas em decorrência de presença de fatores antinutricionais (GERMAN et al., 2010).

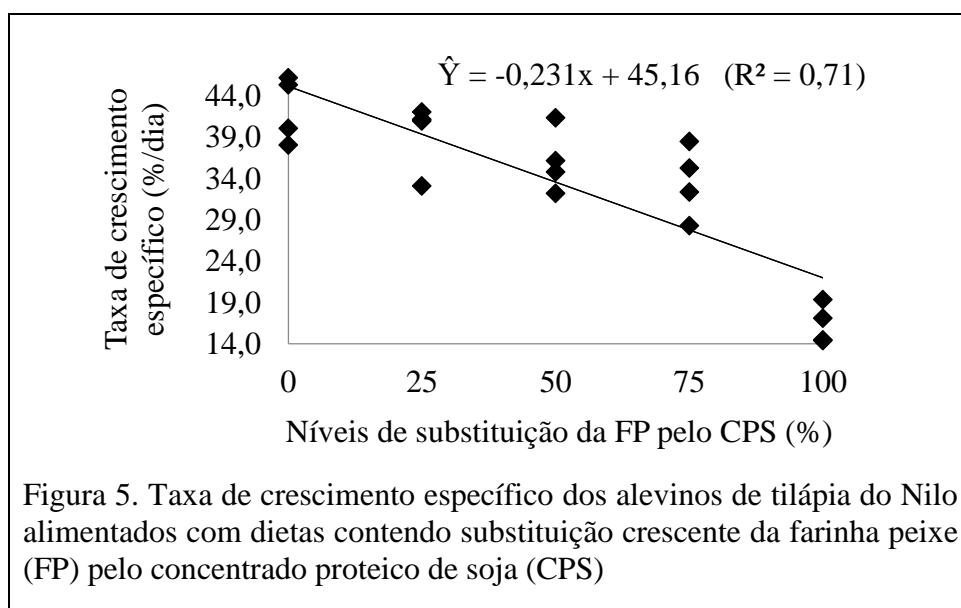
A conversão alimentar aparente (Figura 4) é a relação entre a quantidade de alimento ingerido por quilograma de ganho de peso. Onde estes valores foram prejudicados ($P < 0,05$) de acordo com a equação $\hat{Y} = 0,988 - 0,002x$; $R^2 = 0,36$ pois ao primeiro nível de substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja diminuiu o ganho de peso, que é reflexo direto do baixo consumo de ração.



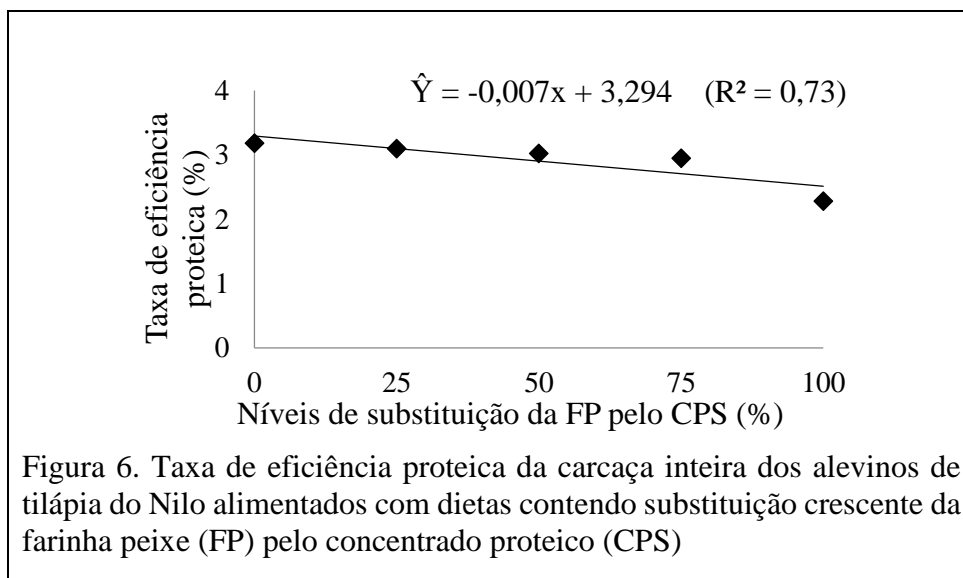
O mesmo comportamento foi observado por De Kissil et al., (2000), onde testaram níveis crescentes do CPS em substituição da FP para a espécie dourada (*Gilthead Seabream*) e relataram uma relação inversamente proporcional entre crescimento e os níveis de inclusão do CPS, Pois a medida que acrescentou o CPS, diminuiu o consumo afetando diretamente o crescimento, ficando evidente a partir do nível 30%. O que pode explicar este comportamento foi o baixo consumo das dietas experimentais contendo a fonte proteica vegetal em substituição da proteína animal, pois a farinha de peixe também contribui na palatabilidade das rações. A ausência da farinha de peixe em deitas para peixes provoca redução palatícia das rações experimentais e como penalidade, resulta em diminuição do seu consumo, por sua vez ocasiona diminuição no crescimento (KISSIL et al., 2000; ARAGÃO et al., 2003).

Durante o processamento do CPS toma-se o cuidado de inibir ou atenuar o máximo possível os fatores antinutricionais para que não comprometa a sua qualidade, neste estudo a redução da farinha de peixe diminuiu os fatores palatáveis da farinha de peixe. Somado isto todas as dietas continham o farelo de soja o que também possa ter potencializado a perda da palatabilidade. Por tanto, haveria uma necessidade de inserir ingredientes que melhorasse a palatabilidade das dietas contendo o concentrado proteico de soja.

A taxa de crescimento específico (Figura 5) está relacionada diretamente a deposição de tecido muscular e esta variável, também foram pioradas ($P<0,05$) conforme a equação $\hat{Y} = 45,16 - 0,231x$; $R^2=0,71$ comparando a dieta basal contendo 100% de farinha de peixe com a dieta de maior nível de inclusão do concentrado proteico de soja. Acreditar-se que os alevinos de tilápia do Nilo, tiveram menor tolerância as dietas com maior quantidade de ingredientes de fonte vegetal, somado a isto o concentrado proteico de soja não contribuiu com a parte suficiente dos aminoácidos essenciais para formação de músculos. A qualidade da proteína é determinada pelo seu balanceamento em aminoácidos que por sua vez afeta diretamente a qualidade nutricional da dieta.



A taxa de eficiência proteica (Figura 6) foi afetada ($P<0,05$) com os níveis crescentes do concentrado proteico de soja, conforme expressa a equação $\hat{Y} = 3,294 - 0,007x$; $R^2=0,71$ essa resposta é reflexo do mau aproveitamento da proteína, junto a uma menor quantidade de proteína ingerida, visto que os alevinos de tilápia tiveram um decréscimo acentuado no consumo de ração aos 100% de inclusão do concentrado e isto espelhou negativamente sobre taxa de eficiência.



A deposição de proteína bruta na carcaça, conversão alimentar, ganho de peso e peso final no maior nível de substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja reforça o registro para os valores da taxa de eficiência proteica, denotando um péssimo aproveitamento da fonte proteica vegetal. Vários estudos voltados para o desempenho relacionam o uso de fontes proteicas de natureza vegetal em dietas com prejuízos no crescimento do salmão (ESPE et al., 2006; HART et al., 2010). A adição de 40% dessas fontes em dietas já é o suficiente de comprometer o crescimento dos peixes, principalmente quando ocorrem reduções nos níveis de farinha de peixe, dietas com apenas fontes proteicas de origem vegetal aumenta a aparição dos fatores antinutricionais que causam uma baixa eficiência de utilização dos nutrientes (HUA; BUREAU, 2012).

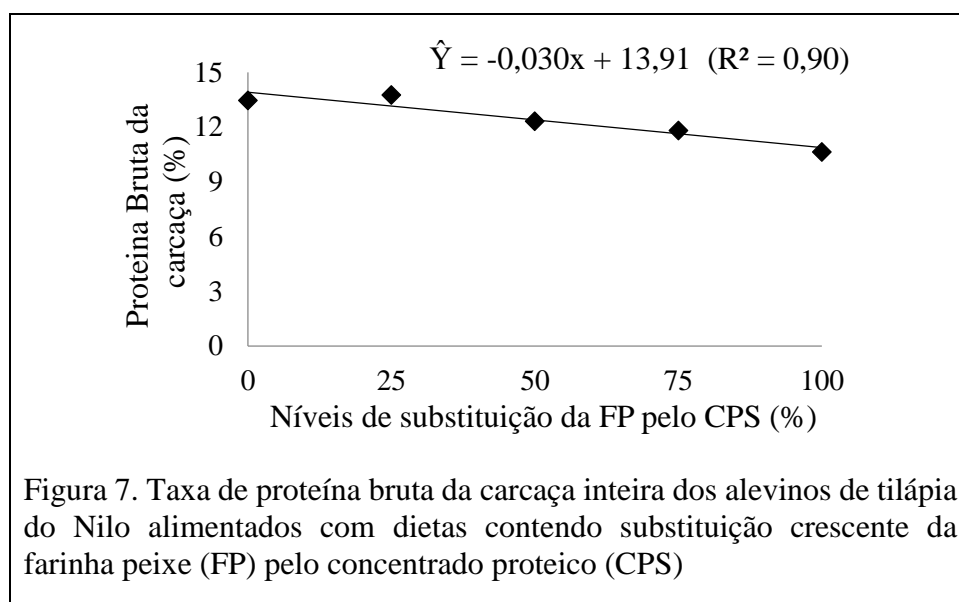
Para os resultados observados da composição corporal (Tabela 8) dos alevinos de tilápia alimentadas com níveis crescentes de substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja, não foram afetados ($p > 0,05$), os valores da matéria seca, umidade, extrato etéreo, matéria mineral e energia bruta. Porém os níveis influenciaram ($P < 0,05$), negativamente os valores de proteína bruta e valor produtivo proteico.

Tabela 8 Composição química corporal de alevinos de tilápia do Nilo alimentados com dietas contendo níveis de concentrado proteico de soja em substituição a farinha de peixe

Variáveis	Níveis de substituição (%)					CV ¹	R
	0	25	50	75	100		
Matéria Seca, %	26,86	26,58	27,59	27,19	25,59	4,22	NS ²
Umidade, %	73,13	73,41	72,40	72,80	74,40	1,54	NS
Proteína bruta, %	13,46	13,75	12,31	11,80	10,63	5,19	L ³
Gordura, %	0,66	0,66	0,67	0,73	0,64	6,87	NS
Matéria Mineral, %	3,54	3,51	3,31	3,52	3,84	6,50	NS
Energia bruta, Kcal/kg	5052,76	4880,52	4888,33	5084,41	4767,63	2,20	NS
VPP, % ⁴	41,78	40,52	38,19	37,03	26,68	9,86	L ³

¹CV - Coeficientes de Variação; ²NS-Não significativo; ³L- Efeito linear ⁴VPP-Valor produtivo de proteína

A proteína bruta da carcaça (Figura 7) teve decréscimo linear ($P < 0,05$) de acordo temos a equação $\hat{Y} = 13,91 - 0,030x$; $R^2 = 0,90$ à medida que elevou o nível de inclusão do concentrado proteico de soja substituindo a farinha de peixe, esse comportamento geralmente é encontrado quando a proteína que era para ser destinada a síntese proteica para formação do tecido muscular foi empregada como fonte de energia para manutenção.

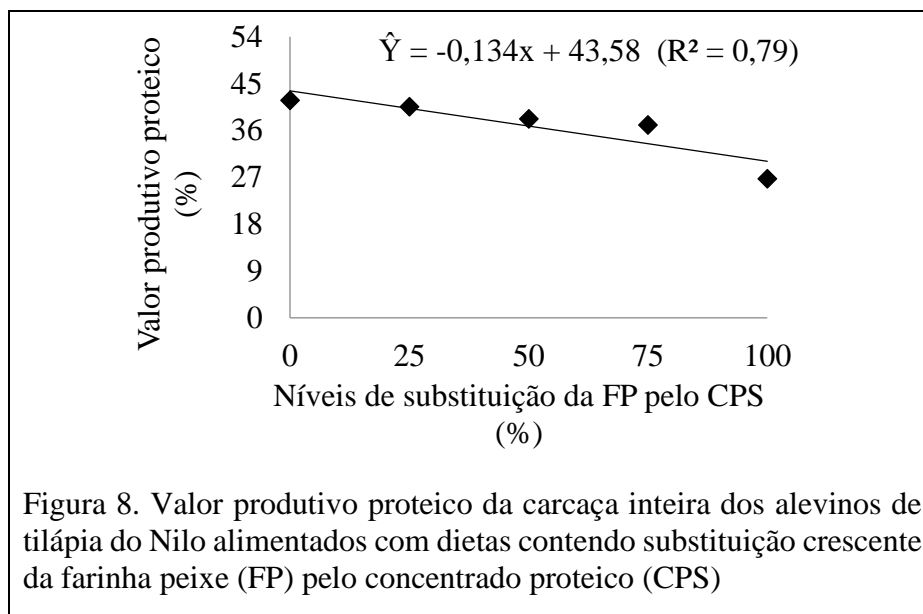


Porém levando em consideração que a energia das dietas para os alevinos em estudo foram atendidas, que houve uma redução no consumo aparente das dietas nos níveis de inclusão do CPS e considerando que a composição corporal está relacionada à composição da dieta e que a retenção de proteínas e aminoácidos essenciais são os indicadores mais sensíveis de um suprimento inadequado de aminoácidos, é possível acreditar que houve baixa biodisponibilidade aminoácidos para o crescimento. Este mesmo

efeito foi relatado por Rodehutsord et al., (1995), onde avaliaram o CPS para juvenis de tenca (*Tinca tinca*), mesmo sendo um peixe onívoro observaram um decréscimo linear nos valores de consumo de ração, no valor produtivo da proteína e retenção de nitrogênio na carcaça devido ao desbalanço de aminoácidos essenciais provocadas pelo concentrado proteico de soja, mesmo as dietas terem sido suplementadas de aminoácidos sintéticos.

As dietas receberam aminoácidos sintéticos atendendo a exigência dos alevinos de acordo as tabelas brasileiras descritas por (FURUYA, 2010). Para que a proteína seja anabolizada é preciso que no conteúdo das rações dos peixes atendam a exigência proteica, a proporção dos aminoácidos e a quantidade de energia disponível de outras fontes, como gordura e carboidratos (HERPHER, 1988). O catabolismo dos aminoácidos acontece como manobra de defesa metabólica, ocorre com a retirada de proteína de tecidos menos vitais (músculo) para manter as funções de tecidos mais vitais (PERES, 2011). O desvio da proteína para outras funções que não seja formação de tecido muscular está diretamente ligado a uma deficiência energética da dieta, por outro lado redução ou interrupção no desempenho é característica de dietas com baixa disponibilidade de aminoácidos essenciais. Deste modo, os valores encontrados foram inferiores em relação a dieta referência, o que se subentende é que as dietas que continham o concentrado proteico de soja ficaram deficientes e/ou ocorreu algum desbalanceamento de aminoácidos limitantes, que por sua vez não atendeu a exigência da espécie na fase em estudo.

O valor produtivo proteico (Figura 8) foi afetado negativamente ($P < 0,05$), conforme a equação $\hat{Y} = 43,58 - 0,134x$; $R^2 = 0,79$, na referência o quanto de proteína bruta consumida da dieta foi convertida em proteína bruta corporal, e os valores observados mostram uma redução de 41% da dieta referência para 26% da dieta com nível de 100% da inclusão, respectivamente. Implica dizer que para cada 1 g de proteína bruta consumida na dieta houve um incremento médio de 0,26 g de proteína bruta no corpo dos peixes, desse modo 0,74 g de PB / g PB foram consumidas para a produção de energia, armazenamento de lipídeos e/ou foram parcialmente eliminadas juntamente com as fezes. O nível de inclusão do concentrado proteico de soja provocou a baixa redução do consumo da ração ao mesmo tempo que proporcionou níveis subótimos de aminoácidos essenciais, este déficit estimulou o desvio da energia destinada para síntese proteica, para a sua homeostase, ou seja, as proteínas dietéticas destinadas ao anabolismo e crescimento de tecido muscular foi comprometida, em função do catabolismo para funcionalidade dos órgãos vitais.



4.3 Morfometria intestinal

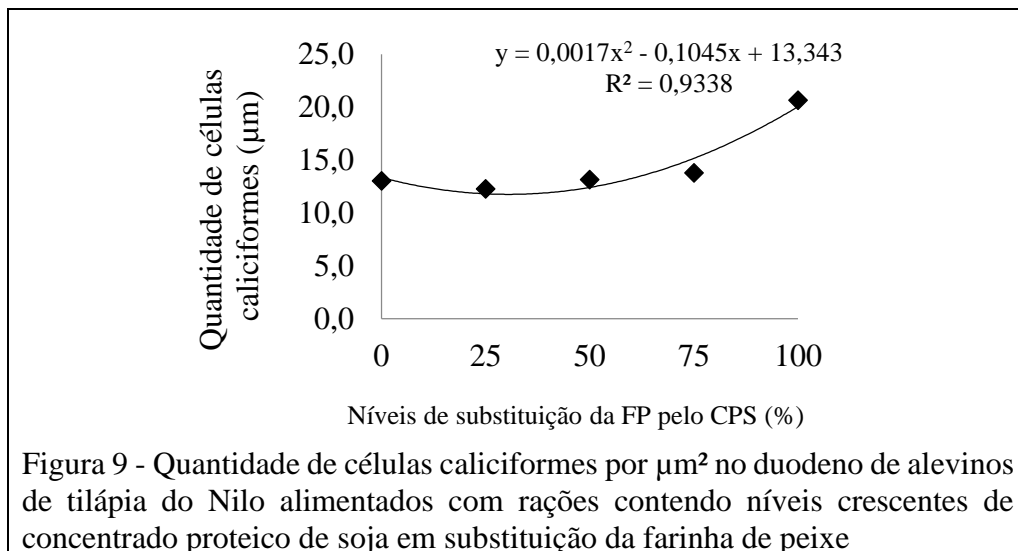
Dentro dos parâmetros analisados na morfometria intestinal (Tabela 9) pode-se observar que a altura e a largura dos vilos mais a área absorptiva não foram afetadas ($P > 0,05$) pela substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja, porém a quantidade de células caliciformes foi afetada pela substituição, observando-se efeito quadrático ($P < 0,05$).

Tabela 9 Morfometria do duodeno dos alevinos de tilápia do Nilo alimentados com dietas contendo níveis crescentes de concentrado proteico de soja em substituição a farinha de peixe

Variáveis	Níveis de substituição (%)					CV ¹	R
	0	25	50	75	100		
Altura de vilo, μm	245,95	243,71	240,14	225,32	235,53	15,73	NS ²
Largura de vilo, μm	93,45	101,02	93,70	89,39	86,77	13,91	NS
Área absorptiva, μm^2	23161	24651	22734	20120	20529	23,81	NS
Células caliciformes, μm	13,00	12,25	13,12	13,75	20,62	22,45	Q ³

¹CV - Coeficientes de Variação; ²NS – Não significativo ($P > 0,05$); ³ Q – efeito quadrático ($P < 0,05$)

No presente trabalho, constatou-se uma alternância na quantidade de células caliciformes com os níveis de inclusão do concentrado proteico de soja, mas foi no nível de 52% que expressou o aumento, sendo que o nível de 100% do concentrado proteico de soja chegou ao pico de produção de células caliciformes (Figura 9) com equação $\hat{Y} = 13,34 - 0,104 + 0,0017x^2$; $R^2 = 0,93$.



Este aumento da densidade de células caliciformes na mucosa intestinal pode ser interpretado como um aprimoramento da função imune intestinal com ação de proteger o epitélio intestinal. A mucina (muco) formada pelas células caliciformes é rica em aminoácidos e aumenta significativamente quando há a presença de agentes antinutricionais. No ponto de vista nutricional não é viável este aumento das células caliciformes, pois o tratamento com a inclusão total do concentrado proteico foi prejudicado pelo baixo consumo de ração somado a um possível desbalanço de aminoácidos, estimulando o uso das reservas endógenas na manutenção de aminoácidos como requisitos de energia.

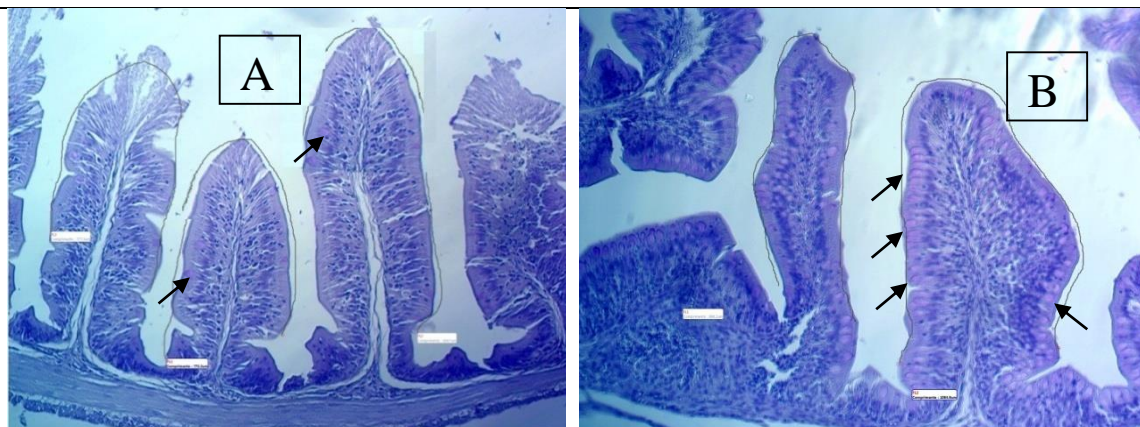


Figura 10 Células caliciformes de alevinos de tilápia do Nilo aos 61 dias submetidos aos níveis do concentrado proteico de soja 0% (A) e 100% (B); PAS; objetiva 10x; Setas indicam posicionamento das células caliciformes

4.4 Viabilidade econômica

Tabela 10 Peso inicial (PI), peso final (PF), custo da ração por quilo (CR/KG), custo da ração por quilograma de peso vivo ganho (CR/PV), índice de eficiência econômica (IEE) e índice de custo (IC) dos alevinos de tilápia do Nilo alimentados com dietas contendo níveis crescentes de concentrado proteico de soja em substituição a farinha de peixe

Níveis (%)	PI (g)	PF (g)	CR/KG	CR/PV	IEE (%)	IC (%)
0	5,10	36,10	2,95	35,47	100,20	100,00
25	5,11	34,22	2,77	36,10	100,14	100,00
50	5,10	32,26	2,63	32,55	100,46	100,00
75	5,05	30,62	2,51	31,94	101,56	100,00
100	5,13	20,23	2,40	36,44	100,01	100,00
Regressão	-	-	-	NS	NS	NS
CV (%)	-	-	-	7,55	7,97	7,98

Para os índices de eficiência econômica a substituição da FP pelo CPS não diferiu estatisticamente entre os tratamentos ($P>0,05$), porém numericamente é possível observar houve uma tendência de bom resultado para o tratamento de 75%, quando é observado os valores de ração por quilograma de peso vivo e a taxa de eficiência econômica, apesar do desempenho produtivo, a conversão alimentar, consumo de ração e menor taxa de eficiência proteica terem sido prejudicadas.

7. CONCLUSÃO

A substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja em dietas para alevinos de tilápia do Nilo, não é recomendável, pois demonstrou comprometer o desempenho, composição da carcaça dos peixes, bem como incrementou aparição de células caliciformes.

8. REFERÊNCIAS

ALVAREZ, J.S., HERNÁNDEZ-LLAMAS, A., GALINDO, J., FRAGA, I., GARCÍA, T., VILLARREAL, H. 2007 Substitution of fishmeal with soybean meal in practical diets for juvenile white shrimp *Litopenaeus schmitti*. *Aquaculture Research*, 38, 689–695.

ABDEL-TAWWAB, M. et al. Effect of dietary protein level, initial body weight, and their interaction on the growth, feed utilization, and physiological alterations of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L). **Aquaculture**, v. 298, p.267-274, 2010.

A.O.A.C (2000). Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists International. Maryland, USA

AZAZA, M.S. et al. Growth performance, oxidative stress indices and hepatic carbohydrate metabolic enzymes activities of juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L., in response to dietary starch to protein ratios. *Aquaculture Research*, v. 46, p.14-27, 2015.

ARAGÃO, C., Conceição, L.E.C., Dias, J., Marques, A.C., Gomes, E., Dinis, M.T., 2003. Soy protein concentrate as a protein source for Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup 1858) diets: effects on growth and amino acid metabolism of postlarvae. *Aquac. Res.* 34, 1443–1452.

BARBOSA, H.P.; FIALHO, E.T.; FERREIRA, A.S. et al. Triguilho para suínos nas fases inicial de crescimento, crescimento e terminação. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v.21, n.5, p.827-837, 1992

BARROS, A. F. **Análise sócio econômica e zootécnica da piscicultura na microrregião da baixada Cuiabana – MT**. 2010. 129f. Tese (Doutorado em Aquicultura) Centro de Aquicultura da UNESP – CAUNESP, Jaboticabal, SP.

BAKKE-MCKELLEP, A.M. et al. Absorption of glucose, amino acids, and dipeptides by the intestines of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Fish Physiology and Biochemistry*, Dordrecht, v. 22, n. 1. P. 33-44, 2000.

BAKKE, A.M.; GLOVER, C.; KROGDAHL. (Ed.) *Fish physiology, feeding, digestion and absorption of nutrients*. [Amsterdam]: Academic Press, 2010. V. 30, p. 57-110.

BELLAVER, C.; Fialho, E. T.; Protas, J. F. S. 1985. Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 20:969-974.

BERG, J.M.; TYMOCZOKO, J.L. *Bioquímica*. 6 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010. 1114 p.

BORGHESI, R.; FERRAZ DE ARRUDA, L.; OETTERER, M. Fatty acid composition of acid, biological and enzymatic fish silage. *Boletim do CEPPA*, Curitiba, v. 26, n. 2, p. 205-212, 2008

BOSCOLO, W.R. Farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápia na alimentação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2003. 83p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, 2003

BREMER NETO, H.; GRANER, C.A.F.; PEZZATO, L.E. et al. Determinação de rotina do cromo em fezes, como marcador biológico, pelo método espectrofotométrico ajustado da 1,5-difenilcarbazida. *Cienc. Rural*, v.25, p.691-697, 2005.

CARVALHO, R.A.P.L.F. 2011 Avaliação da composição de ingredientes selecionados para a substituição da farinha de peixe em dietas para juvenis de *Litopenaeus vannamei*. São Paulo. 258f. (Tese de Doutorado em Oceanografia Biológica. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo). Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/.../RODRIGO_CARVALHO_TESE_FINAL.pdf Acesso em: 20 de out. 2016.

COWEY, C.B. and Sargent, J.R.. Nutrition. IW.S. Hoar, D.J. Randall and J.R. Brett, eds. Fish physiology, Vol. 8, p. 1-69. New York, Academic Press, 1979.

CYRINO, J.E.P. et al. A piscicultura e o ambiente: o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, p. 68-87, 2010.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_01_12_09_00_46_boletim_graos_janeiro_2016.pdf> Acesso em: 23 de nov. de 2016.

DAVIES, S.J., MORRIS, P.C. 1997 Influence of multiple amino acid supplementation on the performance of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), fed soya based diets. *Aquaculture Research* 28: 65–74.

DIÓGENES, A.F. et al. Establishing the optimal essential amino acids ratios in juveniles of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by the deletion method. *Aquaculture Nutrition*, 1-9, 2015.

El-Sayed AFM. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis* spp. *Aquaculture*, v.179, p.149-168, 1999.

EVERITT, B.S. The Cambridge Dictionary of Statistics. Cambridge: Cambridge University Press, 1998, 360p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. 2011. Disponível em: [ttp://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54780/1/SDC244.pdf](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54780/1/SDC244.pdf); e <https://www.embrapa.br/semiarido/pesquisa-e-desenvolvimento>. Acesso em: 16 jul. 2017.

EMBRAPA. Informativo Mercado da Tilápia. EMBRAPA Pesca e Aquicultura. 2016.

ESPE, M.; LEMME, A.; PETRI, A.; EL-MOWAFI, A. Can Atlantic salmon (*Salmo salar*) grow on diets devoid of fish meal - Aquaculture, Amsterdam, v. 255, p. 255-262, 2006.

ESPIRITO SANTO, N. G., Avaliação do concentrado proteico de soja na alimentação de juvenis de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), 2015. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2015.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2014b). Fishery and aquaculture statistics 2012. Roma: FAO yearbook.

FERNADES, J. B. K. et al. Silagem ácida de resíduos de filetagem de tilápias em rações de juvenis de piaçu (*Leporinus macrocephalus*). Acta Scientiarum, v. 29, n. 3, p. 45-58, 2007.

FIGUEIREDO-SILVA, A.C. et al. A comparative study of the metabolic response in rainbow trout and Nile tilapia to changes in dietary macronutrient composition. British Journal Nutrition, v. 109, n. 5, p.816-826, 2013.

FRACALOSS, D.M. et al. Técnicas experimentais em nutrição de peixes. In: FRACALOSS, D.M.; CYRINO, J.E.P. (Edd.). Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. 1. ed. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2012. p. 37-63.

FURUYA, W.M. et al. Exigência de proteína para alevino revertido de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Revista Brasileira de Zootecnia, v. 29, n. 6, p.1912-1917, 2000.

FURUYA, W.M. et al. Aplicação do conceito de proteína ideal para redução dos níveis de proteína em dietas para tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). Revista Brasileira de Zootecnia, v. 34, n. 5, p.1433-1441, 2005.

FURUYA, W.M. Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias. Toledo: GFM, 100p. 2010.

GERMAN, D.P.; NEUBERGER, D.; CALLAHAN, M.N.; LIZARDO, N.R.; EVANS, D.H. Feast to famine: the effects of food quality and quantity on the gut structure and function of a detritivorous catfish (Teleostei: Loricariidae). Comparative Biochemistry and Physiology. Part A, Philadelphia, v. 155, p. 281-293, 2010.

GUILLAUME, J.; KAUSHIK, S.; BERGOT, P.; MÉTAILLER, R. Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. Madrid: Mundi-Prensa, 2004.

HART, S.D.; BHARADWAJ, A.S.; BROWN, P.B. Soybean lectins and trypsin inhibitors, but not oligosaccharides or the interactions of factors, impact weight gain of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, Amsterdam, v. 306, p. 310-314, 2010.

HERNÁNDEZ, C., R.W. Hardy, D. Contreras-Rojas, B. López-Molina, B. González-Rodríguez & P. Domínguez-Jiménez. 2014a. Evaluation of tuna byproduct meal as a protein source in feeds for juvenile spotted rose snapper *Lutjanus guttatus*. Aquacult. Nutr., 20: 574-582.

HISANO, H.; PORTZ, L. Redução de custos de rações para tilápia: a importância da proteína. *Bahia. Agric.*, v.8, p.42-45, 2007.

HUA, K.; BUREAU, D. Exploring the possibility of quantifying the effects of plant protein ingredients in fish feeds using meta-analysis and nutritional model simulation-based approaches. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 356/357, p. 284-301, 2012.

IBGE. Produção da pecuária municipal 2013. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, 2014, v.41, 108p.

IBGE. Produção da pecuária municipal 2014. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, 2014, v.42, 39p.

IBGE. Produção da pecuária municipal 2015. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, 2015, v.43, 49p.

JOBLING, M.; GOMES, E.; DIAS, J. Feed types, manufacture and ingredients. HOULIHAN, D.; BOUJARD, T.; JOBLING, M. (Ed.). **Food intake in fish**. Oxford: Blackwell Science, 2001. p. 25-48.

IFFO, The International Fishmeal and Fish Oil Organization, No. 219, dec. 2010. Disponível em: <<http://www.iffonet.org/system/files/december-2010.pdf>>. Acesso: 23 de out. de 2016.

KISSIL, G.W., Lupatsch, I., Higgs, D.A., Hardy, R.W., Dietary substitution of soy and rapeseed protein concentrates for fish meal, and their effects on growth and nutrient utilization in gilthead seabream *Sparus aurata* L. *Aquac. Res.* 31, 595–601. 2000.

KOCH, J.F.A. **Níveis de proteína e energia digestíveis para tilápia-do-Nilo criada em tanques-rede na fase de terminação**. 2013. 106p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2013.

MABROKE, R.S. et al. Influence of dietary protein on growth, reproduction, seed chemical composition and larval survival rate of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstocks of different size groups under hapa-in-pond hatchery system. **Journal of the Arabian Aquaculture Society**, 7, 203-220, 2012.

LEESON, S. Enzimas para aves. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, FACTA, 1999, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 1999. p.173-185.

Lovell, T. Nutrition and feeding of fish. New York: AVI, 1989.

MARTINS, G. P., Soja crua em dietas para a Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). 2011. 79 f. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual Paulista. Centro de Aquicultura. Jaboticabal.

MASUMOTO, T., RUCHIMAT, T., ITO, Y. et al. 1996. Amino acid availability values for several protein sources for yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). *Aquaculture*, 146:109-119.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. Digestibilidade aparente dos nutrientes e energia de alguns alimentos protéicos para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1801-1809, 2003 (supl. 2).

MICHELATO, M. et al. Dietary threonine requirement to optimize protein retention and fillet production of fast-growing Nile tilapia. *Aquaculture Nutrition*, 1-8, 2015.

Nagel LCA. Azolla meal as a supplemental feed ingredient for tilapias. In: Fitzsimmons K (Ed.). *Proceedings from the fourth International Symposium on Tilapia Aquaculture*. Orlando: Northeast Regional Agricultural Engineering Service, 1997. p.20-30.

NAYLOR, R.L.; GOLDBURG, R.J.; PRIMAVERA, J.H. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, London, v.405, n.29, p.1017-1024, 2000.

Neves, M., Balen, R. E., Meurer, F., Baumgartner, G. & Braga, A. F. 2015. Exigência de proteína digestível para alevinos de Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) alimentados com ração à base de farelo de soja. *Agrarian*, 8, 204-209

Nutrient Requirements of fish and shrimp. NRC. National Research Council. The national academies press, washington, p. 376, 2011.

PASTORE, C. G. P.; GAIOTTO, J. R.; RIBEIRO, F. A. S.; NUNES, A. J. P. Boas práticas de fabricação e formulação de rações para peixes. In: FRACALOSSI, D. M.; CYRINO, J. E. P. (Ed.). *Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira*. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2013. p. 295–346

PERES, H. Protein and amino acid nutrition of marine fish species. 4º Simpósio Internacional de Nutrição e Saúde de Peixes, ISSN: 2176-4077, 23 a 25 novembro, 87-114, 2011.

PEZZATO, L.E. Alimentos convencionais e não - convencionais disponíveis para indústria da nutrição de peixes no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE PEIXES E CRUSTÁCEOS, 1995, Campos de Jordão. Anais. Campos de Jordão: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo (ESALQ). 1995. p. 34-52

PFEFFER, E. & BECKMANN-TOUSSAINT, J. 1991 Hydrothermically treated soy beans as source of dietary protein for rainbow trout, *Salmo gairdneri*, R. Arch. Anim. Nutr., 41: 223–228.

KUBTIZA, F. 2000. Tilápia: Tecnologia e planejamento na produção comercial. Jundiaí. São Paulo, 285 pp

RIBEIRO, R. P.; MOREIRA, H.; L.; M.; LAURO VARGAS, ZIMMERMAN, L.; V.; Z. S.. **Fundamentos da moderna aqüicultura. Cap. 15**, Estado atual e tendências da moderna aquicultura – Sérgio Zimmerman – p. 191-198 – Canoas: Ed Ulbra, 2012, 200p

RIGHETTI, J.S. et al. Redução da proteína em dietas para tilápias-do-Nilo por meio da suplementação de aminoácidos com base no conceito de proteína ideal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 3, p. 469-476, 2011.

ROTTA, M. A. 2002. **Utilização da energia e proteína pelos peixes**, Corumbá: Embrapa Pantanal, 24p.

RODEHUTSCORD, M., Mandel, S., Pack, M., Jacobs, S., Pfeffer, E., Free amino acids can replace protein-bound amino acids in test diets, 1995. for studies in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). J. Nutr. 125, 956–963.

RUST, M.B. Nutritional physiology em: HALVER, J.E.; HARDY, R. W. (Ed.) Fish Nutrition. 3. Ed. Amsterdam: Academic Press, 2002. P. 367-452

Sá, R., Gavilán, M., Rioseco, M.J., Llancabure, A., Vargas-Chacoff, L., Augsburg, A., Bas, F., 2014. Dietary protein requirement of Patagonian blennie (*Eleginops maclovinus*, Cuvier 1830) juveniles. Aquaculture, 428–429, 125–134.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2016, 262 p.

SAMPAIO, A. M. B. M. **Relação energia: proteína na nutrição do tucunaré (*Cichla sp.*)**. 1998. 49p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SMALL, B.C.; SOARES JR., J.H. Quantitative dietary lysine requirement of juvenile striped bass *Morone saxatilis*. Aquaculture Nutrition, n.6, p.207-212, 2000.

SANTOS, L.R.B.; OBA, E.T. Dieta: ferramenta importante para manejo dos peixes no cultivo. TAVARES-DIAS, M. Manejo e sanidade de peixes em cultivo. Macapá: Embrapa Amapá, 2009.

SEIXAS-FILHO, J. T. d. Revisão sobre as enzimas digestivas nos peixes teleósteos e seus métodos de determinação. Augustus, Alexandria, v8, n. 17, p. 30-45, 2003.

SOLIMAN, A.K; ATWAA, M. F; ABAZA M. A; Partial replacement of fish meal protein with black seed meal protein, with and without lysine and methionine supplementation, in diets of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). In: Fitzsimmons K e Carvalho Filho J (Ed.). Proceedings from the fifth International Symposium on Tilapia Aquaculture. Rio de Janeiro: Panorama da Aquicultura Magazine, 2000. p.187-196.

SOUSA, S.M.N. et al. Growth of Nile tilapia post-larvae from broodstock fed diet with different levels of digestible protein and digestible energy. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, n. 8, p.535-540, 2013.

STOREBAKKEN, T., SHEARER, K.D., BAEVERFJORD, G. 2000. A. Digestibility of macronutrients, energy and amino acids, absorption of elements and absence of intestinal enteritis in Atlantic salmon, (*Salmo salar*), fed diets with wheat gluten. Aquaculture, 184:115-132.

STRAYER DL (2010) Alien species in fresh waters: Ecological effects, interactions with other stressors, and prospects for the future. *Freshwater Biology* 55: 152–174, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02380.x>

TACON, A.G.J. Salmon aquaculture dialogue: Status of information on salmon aquaculture feed and the environment. *Aquafeed International*, v.8, p.22-37, 2005.

Tacon, A.G.J., Metian, M., Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: trends and future prospects *Aquacultura* 285, 146e158. 2008.

TANTIKITTI, C.; SANGPONG, W.; CHIAVAREESAJJA, S. Effects of defatted soybean protein levels on growth performance and nitrogen and phosphorus excretion in Asian seabass (*Lates calcarifer*). *Aquaculture*, v.248, p.41-50, 2005.

TEIXEIRA, André L. C. M. Estudo da viabilidade técnica e econômica do cultivo de tulinha do Nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagem Chitralada, em tanques-rede com duas densidades de estocagem. Dissertação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, p.74, 2006.

TOLOSA, E. M. C. et al. **Manual de técnicas para histologia normal e patológica**. 2. ed. Manole, São Paulo, 2003, 331p.

TYMOCZOKO, J.L.; BERG, J.M. Bioquímica. 6 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010. 1114 p.

TSUKAMOTO RY, Takahashi NS . Falta de proteína para ração: estrangulamento da aquicultura no Brasil. *PanorAquic*, p.8-9, nov./dez. 1992.

VERRI, T. et al. Transport of di- and tripeptides in teleost fish intestine. *Aquaculture Research*, West Sussex, v. 41, n. 5, p. 641-563, 2010.

Voet, D., Voet, J., & Pratt, C. W. (2014). Fundamentos de Bioquímica: A vida em nível molecular (4. ed.). Porto Alegre: Artmed.